

50  
1971-2021  
ANIVERSARIO

TEC | Tecnológico  
de Costa Rica

# revista IDI+

Tecnológico de Costa Rica ▪ Escuela de Diseño Industrial ▪ Revista Semestral

Volumen 4 Número 2 ▪ Enero - Junio 2022 ▪ ISSN 2215-5112



# revista IDI+

La Revista IDI+ es una publicación digital de carácter científico de la **Escuela de Diseño Industrial del Tecnológico de Costa Rica**. Es una revista semestral, gratuita y de acceso abierto, cuyo propósito es divulgar trabajos inéditos de investigación en el campo del diseño industrial y áreas afines. Está dirigida a investigadores, profesores, estudiantes, profesionales y expertos nacionales o extranjeros en el área del diseño y otros campos relacionados.

## Comité Editorial

### Editor/Director

IDI. Luis Carlos Araya-Rojas, M.Ed.

[lcaraya@tec.ac.cr](mailto:lcaraya@tec.ac.cr)

### Coordinadora operativa

DI. Xinia Varela-Sojo, MDS.

[xvarela@tec.ac.cr](mailto:xvarela@tec.ac.cr)

### Diagramación

Pamela Dinarte Chavarría

### Foto de portada

*Save the egg*

Andrea M. Rojas-Jiménez

Proyecto final, Diseño VII Visual. Juego de Pinball con Mixed Reality.

### Dirección y redes sociales

Instituto Tecnológico de Costa Rica.

Campus Tecnológico Central Cartago.

Escuela de Diseño Industrial.

Cartago, Cartago, Calle 15, Avenida 14,

1 km Sur de la Basílica de Los Ángeles.

Apartado Postal: 159-7050

<https://revistas.tec.ac.cr/index.php/idi>



### Indexaciones



Revista Semestral  
Enero-Junio 2022  
Volumen 4, N°2

ISSN: 2215 5112

## Contenidos

Conceptualización de luminaria solar para aliviar la dismenorrea en personas menstruantes a través del calor y la meditación.

*Solar luminaire conceptualization for the dysmenorrhea relief in menstruating people through the heat and meditation.*

Andrea M. Rojas-Jiménez, Katherina Jurburg-Chaves, Michelle Lacouture-Solís ..... 4

Diseño de un sistema inteligente para asistir, en situaciones de emergencia, a turistas que realizan senderismo en Costa Rica.

*Design of a smart system to assist tourists that perform trekking in Costa Rica on emergency situations.*

Braulio J. Quirós-Cordero, María A. Piedra-Calderón, Georgette A. Rojas-Muñoz ..... 20

Optimización del diseño en manufactura y ensamblaje de un producto de ayuda técnica para personas con movilidad reducida en la playa.

*Design optimization in manufacturing and assembly of a technical assistance product for people with reduced mobility on the beach.*

Hilda Vásquez-Carvajal, María F. Arce-Murillo, Tiffany Gamboa-Salas ..... 33



# Conceptualización de luminaria solar para aliviar la dismenorrea en personas menstruantes a través del calor y la meditación

*Solar luminaire conceptualization for the dysmenorrhea relief in menstruating people through the heat and meditation*

Andrea M. Rojas-Jiménez<sup>1</sup>, Katherina Jurburg-Chaves<sup>2</sup>, Michelle Lacouture-Solís<sup>3</sup>

A. Rojas-Jiménez, K. Jurburg-Chaves, M. Lacouture-Solis “Conceptualización de luminaria solar nómada para aliviar la dismenorrea en personas menstruantes a través del calor y la meditación”, IDI+, vol. 2, no 2, Ene., pp. 4-19, 2022.

 <https://doi.org/10.18845/ridip.v4i2.6070>

Fecha de recepción: 30 de junio de 2021

Fecha de aprobación: 2 de diciembre de 2021

1. Andrea M. Rojas-Jiménez  
Estudiante de Ingeniería en  
Diseño Industrial  
Instituto Tecnológico de Costa Rica  
Cartago, Costa Rica  
androji.13@gmail.com  
 0000-0001-5613-6984

2. Katherina Jurburg-Chaves  
Estudiante de Ingeniería en  
Diseño Industrial  
Instituto Tecnológico de Costa Rica  
Cartago, Costa Rica  
yjurburg@gmail.com  
 0000-0003-3213-935X

3. Michelle Lacouture-Solís  
Estudiante de Ingeniería en  
Diseño Industrial  
Instituto Tecnológico de Costa Rica  
Cartago, Costa Rica  
milaso18@gmail.com  
 0000-0001-5946-5839

## Resumen

La dismenorrea es un dolor uterino que sufren algunas personas menstruantes durante la fase de sangrado del ciclo menstrual. Con el propósito de disminuir dicho dolor, se desarrolló una luminaria solar, tomando como base la metodología de Design Thinking con variaciones implementadas debido a la virtualidad y las limitaciones que implicó la pandemia. Este proceso se llevó a cabo en cinco etapas: exploración de la problemática, conceptualización de la idea, desarrollo de propuestas, detallado técnico y simulación del diseño.

En la exploración e investigación, se determinó que el uso de calor en la zona abdominal aumenta el flujo sanguíneo y mejora la oxigenación de los tejidos. Asimismo, algunas posturas neutras y asanas de yoga ayudan a disminuir la dismenorrea.

A partir de estos métodos para combatir el dolor, se llevó a cabo la conceptualización de Venus, una luminaria solar nómada que integró sanación física a través del calor y sanación emocional mediante la luz. Se buscó generar calma, sanación y crear lazos emocionales entre las personas usuarias, sus ciclos menstruales y la luminaria. Esto a través de su luz tenue y cálida, que ayuda a la relajación, y una compresa caliente para ser utilizada durante la ejecución de posturas de yoga.

Este producto viene a satisfacer una necesidad de seguridad, aliviar el dolor físico de la persona menstruante con dismenorrea a través de un método no intrusivo e integral. Además, no existe una luminaria con este propósito en el mercado, de aquí la diferenciación e importancia del producto planteado.

## Palabras clave

Iluminación; yoga; emocionalidad; ambientación; dismenorrea.

## Abstract

Dysmenorrhea is uterine pain experienced by some menstruating people during the bleeding phase of the menstrual cycle. In order to reduce this pain, a solar luminaire was developed, based on the Design Thinking methodology with variations implemented due to the virtuality and limitations implied by the pandemic.

This process was carried out in five phases: exploration of the problem, conceptualization of the idea, development of proposals, technical details and design simulation.

In the exploration and investigation it was determined that the use of heat in the abdominal area increases blood flow and improves oxygenation of the tissues. Also, some neutral postures and yoga asanas help reducing dysmenorrhea.

From these methods to combat pain, the conceptualization of Venus was carried out, a

nomadic solar luminary that integrated physical healing through heat and emotional healing through light. It was sought to generate calm, healing and create emotional ties between users, their menstrual cycles and the light. All this through its soft and warm light, which helps with relaxation, and a hot compress to be used during the execution of yoga postures.

This product meets a need for safety, to relief the physical pain of the menstruating person with dysmenorrhea through a non-intrusive and comprehensive method. In addition, there is no a luminaire for this purpose on the market, hence the differentiation and importance of the raised product.

## Keywords

Illumination; yoga; emotionality; ambience; dysmenorrhea.

## Introducción

A partir de la menarca, primera menstruación de los cuerpos menstruantes, el útero se prepara mes a mes en caso de que un óvulo sea fecundado. Esta preparación involucra el crecimiento del endometrio. Cuando no se produce la fecundación, este se desprende y es expulsado fuera del cuerpo a través de la vagina, mientras se dan contracciones en el útero.

De acuerdo con los resultados obtenidos en el estudio de Zanin et al., en Argentina, 2010, la edad promedio de la menarca es de 12,74 años. Al mismo tiempo, se determina que los ciclos menstruales se desarrollan en el transcurso de la vida de las personas con cuerpos menstruantes durante un período de aproximadamente 40 años [2].

Dentro de este periodo, las contracciones del útero, debido al desprendimiento del endometrio, pueden causar molestias y dolores agudos, principalmente en las zonas del abdomen y espalda baja. A esto se le conoce como dismenorrea.

En abril de 2010, se realizó una encuesta analítica transversal en la Universidad de Módena y Reggio Emilia. Esta fue aprobada por la Junta de revisión interna del Departamento de Obstetricia, Ginecología y Pediatría, Azienda Ospedaliero Universitaria Policlinico de Módena. En este estudio realizado a 408 mujeres jóvenes ( $22,90 \pm 3,03$  años), el 84,1 % reportó dolor menstrual, el 43,1 % indica que el dolor ocurre durante cada periodo y el 41 % reporta que el dolor ocurre durante algunos períodos [3]. Asimismo, esta problemática afecta al 72 % de las mujeres, según un estudio realizado en Suiza [4].

Estos porcentajes muestran que la dismenorrea es un problema real que sufren muchas personas menstruantes, y es necesario solventarlo, debido a que causa molestias que impiden el desarrollo de una vida normal durante el periodo sangrante del ciclo menstrual. Por lo cual, para el desarrollo del proyecto, se define como problemática las molestias ocasionadas por la

dismenorrea en personas menstruantes durante la fase de sangrado del ciclo menstrual.

Una de las soluciones tradicionales para aliviar el malestar que causa la dismenorrea es la aplicación de calor localizado en las zonas de dolor. Algunos de los efectos fisiológicos del calor son los siguientes: efecto vasodilatador, aumento del metabolismo tisular, efecto analgésico, antiespasmódico, antiinflamatorio, disminuye rigidez articular, aumenta extensibilidad del tejido conectivo y aumenta el flujo sanguíneo [5].

Debido a los beneficios mencionados anteriormente, en el mercado se comercializan productos que utilizan el calor para aliviar los dolores de la dismenorrea, por ejemplo, existen bolsas de caucho que funcionan como compresas en las que se introduce agua caliente y luego se colocan sobre la zona del abdomen o espalda baja. Asimismo, existen compresas de tela con semillas que se calientan en el microondas para este mismo fin.

En el estudio realizado a 92 mujeres en la Universidad Islámica de Azad [5], se demostró cómo el yoga es una alternativa no farmacológica efectiva para adolescentes con dismenorrea primaria. Existen posturas neutras y asanas de yoga que causan una reducción comprobada de la dismenorrea como en [6], donde hubo una diferencia significativa en la intensidad y la duración del dolor en el grupo experimental, pues el yoga redujo la gravedad y la duración de la dismenorrea primaria. El ejercicio aumenta el flujo de sangre a nivel pélvico, además, estimula la liberación de endorfinas que actúan como analgésicos no específicos [7].

Se implementan estas alternativas no farmacológicas (calor y posiciones de yoga) en la conceptualización y modo de uso planteado para una luminaria, dirigida a personas con cuerpos menstruantes, para inhibir la dismenorrea y ser usada en entornos domésticos o interiores. Los resultados de esta investigación, además de servir como base para el diseño de la luminaria en cuestión, tendrán un impacto positivo en la salud de las personas que lleguen a utilizar el producto, pues se aliviará su dolor físico.

## Metodología

El desarrollo del proyecto se dio durante la pandemia por COVID-19, de modo que los alcances del diseño se tuvieron que adaptar a las condiciones y recursos disponibles, lo que dio como resultado una simulación 3D de la luminaria. La premisa del proyecto consistió en identificar un problema que pudiese ser solventado al conceptualizar una luminaria nómada (inalámbrica y de fácil transporte); esta debía ser impulsada por una fuente de energía renovable, además de considerar la experiencia estética, de significado y emocional del producto. La experiencia del producto se define como todo el conjunto de afectos que provoca la interacción entre una persona usuaria y un producto, incluido el grado en que todos los sentidos se satisfacen (experiencia estética), los significados que se atribuyen al producto (experiencia de significado) y los sentimientos y emociones que se obtienen (experiencia emocional) [8].

La metodología utilizada para el desarrollo de Venus sigue una base similar a la propuesta por el método del *Design Thinking*, con variaciones implementadas debido a las limitaciones por la pandemia, ya que no se desarrolló un prototipo físico y, por lo tanto, no se realizaron pruebas con personas usuarias. El proceso consistió en cinco etapas: exploración de la problemática, conceptualización de la idea, desarrollo de propuestas, detallado técnico y simulación del diseño.

## 1. Exploración de la problemática

El desarrollo de Venus inició con la exploración de distintas problemáticas que podían ser solucionadas o atenuadas mediante el uso de la iluminación para generar microambientes emocionales.

Después de una lluvia de ideas sobre dificultades presentes en la vida de distintas posibles personas usuarias, que se consideraron pertinentes para su solución a través de las propiedades de la luz, se realizó una evaluación de pros y contras de cada problema, para así seleccionar uno de gran importancia que, además, generó empatía automáticamente entre las diseñadoras.

Después, se comenzó una investigación centrada en las formas no farmacológicas de tratar la dismenorrea en cuerpos menstruantes y, a partir de esta, se consideraron distintos métodos para atenuar las molestias generadas por el ciclo menstrual que podrían ser utilizados en el producto posteriormente.

De la mano de estas formas no farmacológicas de tratar el dolor, se investigó acerca de posiciones de yoga que contribuyen a la reducción del dolor por dismenorrea. Para considerar la implementación de los asanas de yoga con el uso de la luminaria, se realiza una evaluación ergonómica para varias posturas, utilizando el método REBA para ambos lados del cuerpo. Este es un método de análisis postural especialmente sensible con las tareas que conllevan cambios inesperados de postura, como consecuencia normalmente de la manipulación de cargas inestables o impredecibles [9]. Se escoge este método debido a su flexibilidad para la aplicación por medio de imágenes. Lo cual es un recurso al que se debió acudir por las condiciones de confinamiento y las limitantes para realizar pruebas con posibles personas usuarias y obtener observaciones en tiempo real.

Para llevar a cabo este análisis, primero se consideró el tiempo, la frecuencia y la fuerza o carga involucrada con cada posición. Luego, con la ayuda de imágenes, se divide el cuerpo en dos grupos de acuerdo con segmentos. El Grupo A estaría conformado por el tronco, cuello y piernas. Mientras que el Grupo B se conforma del brazo, antebrazo y muñeca. Luego, dentro de cada grupo, se asignan puntuaciones que corresponden al nivel de riesgo de cada posición corporal; estas pueden cambiar si la tarea implica alguna fuerza. Posteriormente, con las puntuaciones del Grupo A y Grupo B, se obtiene una puntuación C. Esta se modifica de acuerdo con la actividad muscular y se obtiene la puntuación final. El resultado obtenido es referencia

para el nivel de acción que se debe tomar. A pesar de ser la mayoría posiciones seguras para las personas usuarias, se escogen las posturas de *padmasana* para la meditación y para el caso de la postura en interacción con la luminaria, la variación del *supta baddha konasana* y el *savasana*. Estas, además de ser más cómodas para quien las realice, también son posiciones más simples y amigables para principiantes.

## 2. Conceptualización de la idea

A partir de la investigación bibliográfica donde se demuestra su eficiencia, se definieron dos métodos no farmacológicos (aplicación de calor y posiciones de yoga) para implementarlos con el uso de la luminaria. Ambos son utilizados por personas menstruantes alrededor del mundo para atenuar los dolores de la dismenorrea. Basado en esto y la problemática identificada, se procede a definir los objetivos del proyecto. Como objetivo general, se espera desarrollar una luminaria que combine métodos de meditación con estímulos físicos para transmitir bienestar físico y mental a las personas menstruantes durante la fase de sangrado de su ciclo menstrual. Este se lograría a través de tres objetivos específicos:

- Diseñar una luminaria nómada para personas menstruantes.
- Generar un producto que incorpore técnicas de meditación en su uso para generar una sensación de bienestar en la persona usuaria.
- Utilizar la luz acompañada de estímulos físicos para aliviar la dismenorrea.

El producto estaría dirigido a personas menstruantes de todas las tallas y colores, que sufren de dismenorrea, mejor conocida como dolores menstruales. Las cuales desean aliviar su dolor en el abdomen, espalda o busto. Además, buscan relajarse y sentirse serenas mientras están en sus hogares con el periodo menstrual.

Junto a todos estos detalles, también se plantearon la emocionalidad, proyección de la luz, aspectos perceptuales y funcionales del producto. Además, se delimitaron los requerimientos para el desarrollo de la luminaria. Estos elementos se utilizaron como norte para el desarrollo del proyecto, y con ellos se definió la morfología, partes y materiales del producto por diseñar.

## 3. Desarrollo de propuestas

Inicialmente, se desarrollaron seis distintas propuestas de diseño, a través de bocetos rápidos, donde se tomaron en cuenta los aspectos mencionados antes. Después, se realizó una discusión sobre los principales pros y contras tomando en cuenta los criterios establecidos en los requerimientos de diseño. En dicha discusión, también se consideraron aspectos como la distribución interna de componentes, sistema de sujeción, estética y ensamblaje. Lo que permitió rescatar características positivas de cada diseño y plasmarlas en una nueva propuesta, con la cual, después de anotaciones y cambios, se llegó a un octavo y último diseño. Este se convirtió en la propuesta base de la luminaria, la cual fue modificada posteriormente durante

el desarrollo del proyecto para satisfacer los requerimientos de una manera más efectiva. A partir de la propuesta seleccionada, se realizó un modelado volumétrico de cinco diseños con la misma configuración y componentes, pero con variaciones morfológicas para una evaluación perceptual a través de Google Forms con posibles personas usuarias.

#### 4. Detallado técnico

Por medio de la herramienta SolidWorks, se realizó el modelado 3D de la luminaria. Con este se generaron los planos técnicos, donde se muestran detalles importantes acerca de la morfología de la luminaria. También, se realizaron esquemas a modo de infografías para describir su configuración, partes y materiales.

#### 5. Simulación del diseño

Para finalizar el proceso de diseño, se realizaron *renders* de alta calidad, videos y fotomontajes por medio de la herramienta KeyShot. Con estos se ilustra la configuración, ensamblaje, funcionalidad y emocionalidad del producto. Además, un detalle importante de Venus fue el efecto luz, ya que esta es la responsable de lograr el microambiente, alcanzar la relajación y sanación de la persona que la está utilizando. Por medio de la simulación de diseño, fue posible verificar que se cumpliera con los requisitos técnicos y perceptuales.

## Resultados

Tras la investigación, se decide tratar el problema definido anteriormente y utilizar dos métodos atenuantes del dolor: el tratamiento con calor y los asanas de yoga. A continuación, se describe el aporte de cada una de estas técnicas en el tratamiento de los dolores menstruales.

#### Aplicación de calor focalizado

Se ha demostrado que usar calor a nivel abdominal (39 C°) durante 12 horas se considera tan efectivo como el ibuprofeno (400 mg, 3 veces al día) [5]. Por lo tanto, se propone un producto que integre el uso del calor para la disminución del dolor generado por el ciclo menstrual.

El calor actúa inhibiendo las acciones de los nervios simpáticos, de esta manera, se aumenta el flujo sanguíneo y así las sustancias productoras del dolor como las prostaglandinas y los leucotrienos son removidas con mayor rapidez. Además, este aumento del flujo sanguíneo mejora la oxigenación de los músculos y evita la generación de isquemia [10]. Debido a esta función como excelente relajante muscular, los efectos en las personas usuarias son positivos, pues generan calma y confort, de manera que los malestares relacionados al ciclo menstrual disminuyen significativamente.

Estos beneficios se incorporaron al producto diseñado a través de la implementación de una compresa de tela removible, rellena de linaza y apta para microondas, que permite a la persona

usuaria realizar una terapia del calor de forma práctica y segura. Al ser porosa y estar en contacto con el vientre de la persona usuaria, esta compresa está diseñada para ser lavada y reemplazada en caso de que se necesite.

### Asanas de Yoga

Se evaluaron las posturas que representaban una postura neutra, aspecto necesario para realizar la terapia de calor simultáneamente; *pavanamuktasana*, *balasana*, *supta baddha konasana* y *savasana*. Se realiza la evaluación ergonómica de carga postural de estas variantes (figura 1). Por otro lado, durante la meditación, se recomienda adoptar las posturas de *padmasana* o *siddhasana*, pues la persona usuaria puede colocar la luminaria en una superficie mientras medita acompañada de la luz en esta posición.

#### Resultados de la aplicación del método

Posturas	Resultado
Padmasana	2 (Bajo)
Siddhasana	3 (Bajo)
Pavanamuktasana	3 (Bajo)
Balasana	3 (Bajo)
Supta Baddha Konasana	4 (Medio)
Supta Baddha Konasana (2)	2 (Bajo)
Savasana	1 (Inapreciable)

Fig. 1. Evaluación ergonómica de las Asanas de yoga.

Al diseñarse una luminaria nómada, se consideró que esta tuviera un peso liviano, pues, como lo dice su nombre, estará en constante cambio de posición. De acuerdo con la guía de levantamiento de carga GINSHT, guía técnica para la evaluación y prevención de los riesgos relativos a la manipulación manual de cargas [11], se considera que una carga por debajo de 3 kg no representa un riesgo ergonómico.

Para establecer el peso máximo de la luminaria, se toma como referencia el peso de compresas y de luminarias nómadas existentes. De la muestra analizada, el promedio de peso fue de 1,13 kg. El valor mínimo fue de 0,32 kg, mientras el máximo fue de 2,2 kg, por ende, se concluye que el producto debe tener un peso menor al promedio.

Para el tamaño de la luminaria, se considera el rango entre la medida del ancho de los órganos reproductores internos de una persona menstruante adulta sin partos (13 cm con holgura) [11] y la medida de ancho de cadera de una mujer de 25 a 34 años percentil 50 (35,6 cm) [12].

Para el diseño de la luminaria, se plantea el concepto sanación cíclica, el cual hace referencia a la curación periódica del cuerpo menstruante por medio de terapias alternativas. Este concepto incluye el entorno doméstico donde se utilice Venus, un ambiente que propicie el descanso y relajación (sanación); asimismo, en la emocionalidad que genera en la persona usuaria mientras medita, gracias a la proyección tenue de la luz y la calidez de esta. Además, este concepto sirvió durante el desarrollo del proyecto como una guía para la definición formal del producto, una forma circular y continua (cíclica).

En este concepto, se abordaron los aspectos más importantes a tomar en cuenta durante el diseño del producto. En este caso, fue de vital importancia definir el entorno de uso, debido a que el producto estaba destinado a crear un microambiente de sanación y a acompañar a la persona usuaria mientras medita o descansa durante las fases del ciclo menstrual donde sienta malestar, por esta razón, tendrá un uso doméstico y su morfología debe facilitar su transporte dentro del hogar, lo cual es parte de su característica nómada.

Se define una proyección de la luz cálida y tenue de 3000 K, pues esta temperatura se relaciona con relajación y con la luz del fuego de la candela que se utiliza para la meditación; una luz de temperatura neutra o fría podría encandilar, incomodar a la persona usuaria y, por ende, agravar su malestar. Partiendo de esta característica, se pretende que su uso propicie el bienestar físico y mental, a través del calor y la meditación respectivamente. Además, al ser parte del proceso de sanación, la persona usuaria podrá desarrollar un vínculo emocional con la luminaria.

Para garantizar una experiencia estética placentera, se considera el uso de materiales livianos, que se perciban suaves y cálidos al tacto. Se desea comunicar el concepto de sanación y confort con el uso de materiales opacos sin poros, colores claros que se puedan asociar con el bienestar mental y suavidad, texturas lisas y blandas (con el uso de materiales con alto grado de deformación elástica) para que la luminaria se adapte al cuerpo de la persona usuaria. También se emplea una topología curva con superficies regladas sin grados de continuidad marcados (transiciones suaves) para transmitir gentileza. Además, el uso de materiales de poco peso garantizará el uso seguro de la luminaria sobre el vientre en las posturas de *savasana* y *supta baddha konasana*.

Asimismo, se consideran los aspectos más relevantes de la funcionalidad, los cuales son la aplicación del calor a una temperatura ideal de 39°C, se ha demostrado que su uso a nivel abdominal se considera tan efectivo como el ibuprofeno [5], por ende, los materiales utilizados en la fabricación de la luminaria deben ser resistentes al calor.

Definidos estos aspectos durante el uso de la luminaria, se realizaron los ocho bocetos que se muestran en la figura 2.

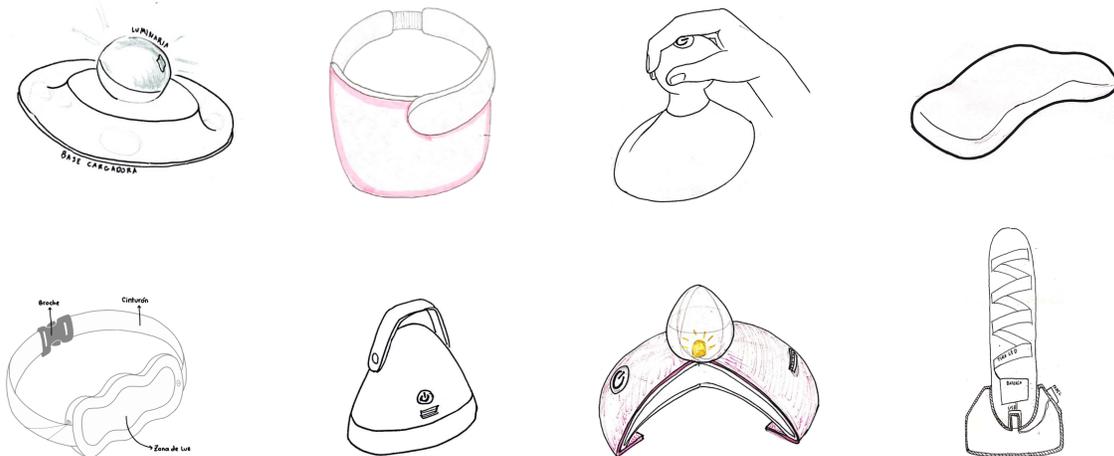


Fig. 2. Bocetos rápidos.

Con esto se elige la propuesta 7, a partir de la cual se continuó trabajando. Se realizaron las variaciones morfológicas que se muestran en la figura 3. Con estos *renders* de alta fidelidad, se buscó la opinión de 23 posibles personas usuarias a través de una encuesta para conocer su percepción con respecto a las formas. Los resultados de este instrumento permitieron concretar la morfología externa del producto.

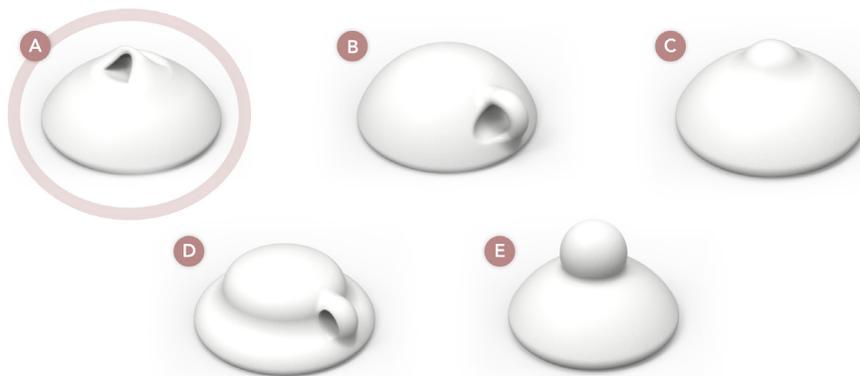


Fig. 3. Propuestas con variaciones morfológicas.

A partir de aquí, se procedió con el detallado técnico. Venus se diseñó para estar compuesta de dos carcasas, unidas por tornillos, elaboradas a partir del proceso de inyección de policarbonato con efecto *sand blast*. Estas poseen nervaduras que ayudan a mantener todos los componentes internos fijos y proporcionar mayor estructura a la luminaria. El material de la carcasa es resistente a golpes, tracción y torsión con el fin de prolongar su vida útil.

La configuración interna de la luminaria, como se observa en la figura 4, se basa en un módulo de carga donde se encuentra la conexión con la entrada micro-USB, un botón pulsador de dos estados, una tira LED, colocada alrededor de la estructura, y dos baterías de litio-polímero recargables, cuya energía es suficiente para mantener encendida la luminaria durante 7 horas. Cuando la energía de estas baterías se agota, solamente se debe conectar la luminaria al cargador portátil y esperar 40 minutos hasta que la carga sea completada.

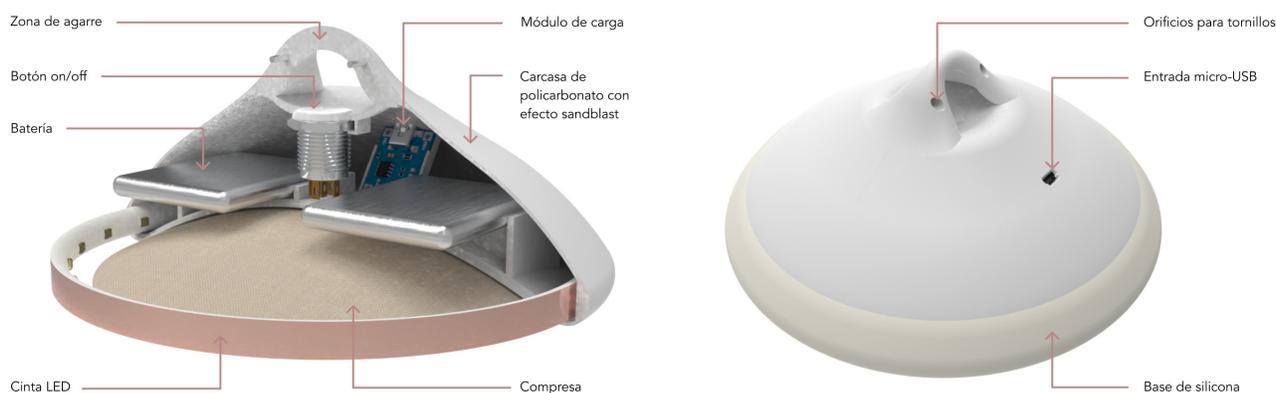


Fig. 4. Configuración de Venus.

Además, en la parte inferior cuenta con una base circular de silicón con alta fricción, realizada a través del proceso de compresión, la cual evita el deslizamiento cuando la luminaria se utiliza, ya sea sobre una superficie plana o sobre el abdomen de la persona usuaria en una posición horizontal. Gracias a la flexibilidad de su material, esta se estira y se coloca alrededor de la parte inferior de las carcasas, de modo que queda un espacio disponible donde se inserta la compresa de manta que se utilizará en la terapia con calor para el alivio del dolor.



Fig. 5. Compartimento para compresa.

El cargador es un *power bank* solar, es decir, una batería externa que trae incorporado un panel solar, el cual transforma la radiación del sol en electricidad, a esto se le conoce como energía fotovoltaica [14]. La carga completa del *power bank* tiene una duración de 5 horas. Una vez completado el tiempo, la energía se encontrará almacenada dentro del *power bank* y permitirá que la luminaria pueda ser cargada tanto de día como de noche. Para cargar la luminaria, solamente se debe flexionar la lengüeta del cargador y hacer la conexión entre los puertos hembra y macho, como se observa en la figura 6.



Fig. 6. Flexión de lengüeta.

En la figura 7, se ilustra el proceso de ensamblaje del producto, el cual se diseñó con el fin de posibilitar su desensamblaje y refabricabilidad, al utilizar tornillos para unir la carcasa y facilitar su desensamblaje al finalizar su vida útil y, a su vez, reutilizar sus componentes electrónicos, estos se encuentran accesibles y son fáciles de remover.

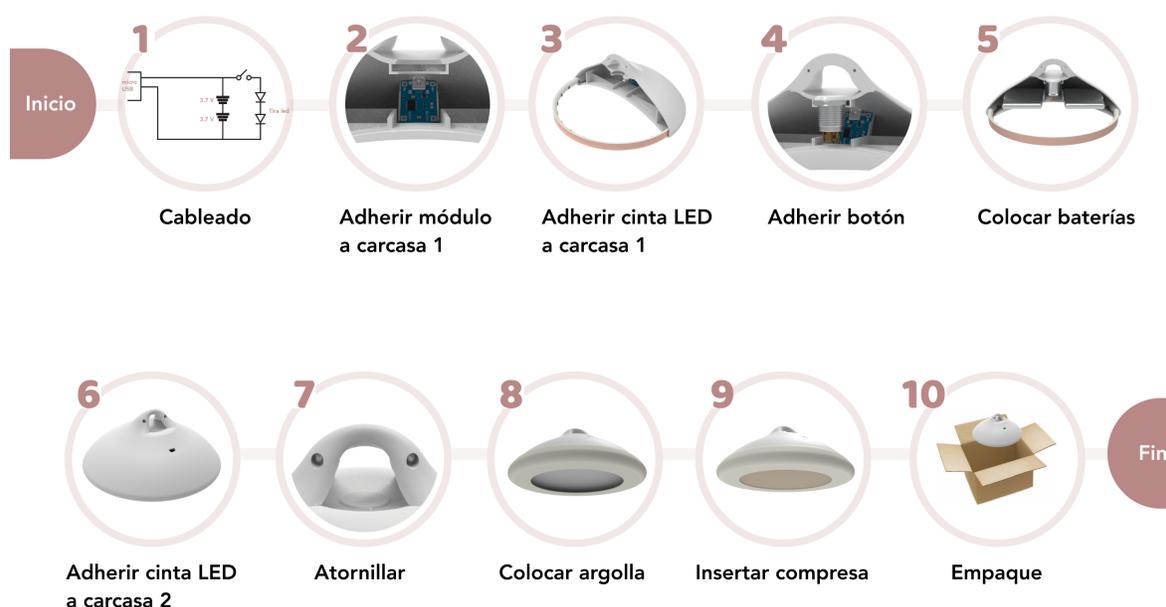


Fig. 7. Proceso de ensamblaje.

En la figura 8, se observa un fotomontaje de Venus, en un contexto de uso doméstico, mientras la persona usuaria se encuentra en posición de descanso. Se puede observar cómo se podría interactuar con la superficie continua de la luminaria y la proyección de su luz tenue.

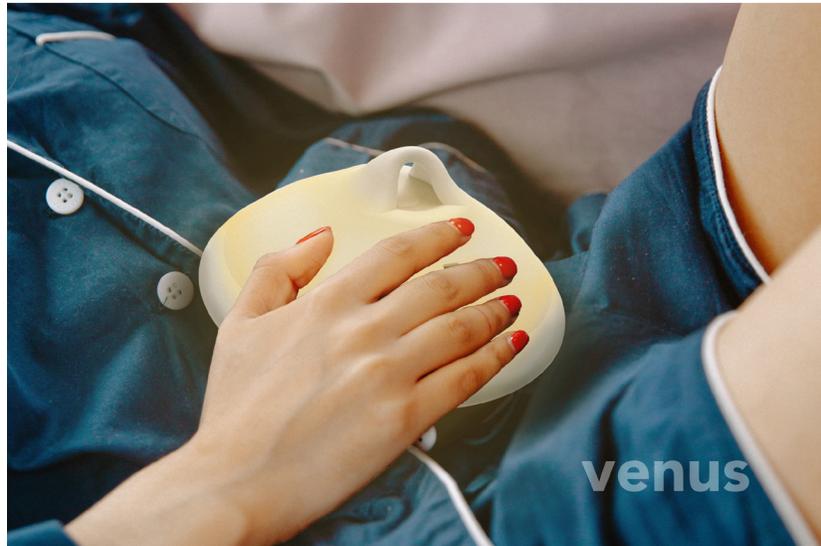


Fig. 8. Fotomontaje realizado en la etapa de simulación con render propio y foto de Polina Zimmerman en Pexels. [14]

## Discusión

Al finalizar la aplicación de la metodología, de la cual se habló anteriormente, se obtuvo un producto que satisface las necesidades planteadas por las diseñadoras al inicio del proyecto. Al analizar la conceptualización final y considerando el factor iterativo presente en el diseño de cualquier producto, se hallaron múltiples oportunidades de mejora para investigar en un futuro, con el fin de pasar del concepto al desarrollo.

Para su mayor comprensión, se procede a dividir en dos categorías dichas oportunidades: aspectos técnicos y experiencia de uso.

### Aspectos técnicos

Posterior a la conceptualización del producto, se identificaron distintos campos que se podrían explorar para mejorar el diseño, entre ellos se discute el cambio de la distribución interna de los componentes electrónicos, con el fin de facilitar el ensamblaje, debido a que la posición inclinada del módulo de carga es de difícil acceso para el obrero de línea encargado del ensamblaje de la luminaria.

Asimismo, se deben realizar pruebas de transmisión de calor, ya que, si el material que compone la carcasa del producto no brinda un buen aislamiento térmico, se debe incorporar una delgada capa aislante en el lugar en el que se posiciona la batería, para que esta no sufra deterioro por

el calor de la compresa. Además, se debe corroborar que la luminaria transmita únicamente el calor en la dirección deseada.

Finalmente, es necesario realizar pruebas de esfuerzo en los materiales, para considerar si es necesario replantear la disposición de los tornillos en el producto, ya que, en este momento, ambos tornillos se encuentran en un punto de quiebre del producto, debido a que el esfuerzo a la hora de introducir la compresa se concentra en la zona de sujeción. Dicho punto de quiebre se ilustra, a continuación, en la figura 9.

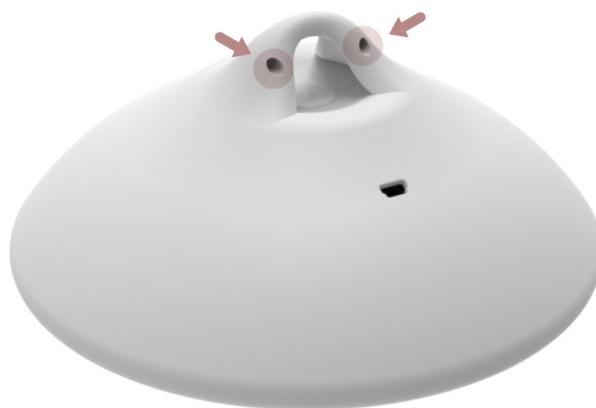


Fig. 9. Posibles puntos de quiebre.

### Experiencia de uso

En el ámbito de uso del producto, se debe realizar un prototipo físico que demuestre que el material en conjunto con la posición de la tira LED brindan el efecto de la luz deseado a la hora de la conceptualización. Una posibilidad de exploración que queda abierta para su futura investigación es la de la meditación en la luz, una técnica utilizada por múltiples culturas a través del tiempo y que podría traer grandes beneficios para las personas usuarias del producto.

### Conclusiones

La conceptualización de Venus permitió identificar necesidades y sistematizar esa indagación, de tal manera que se puntualizan objetivos específicos que guiaron el diseño del producto. Entre los aprendizajes principales de este proyecto, resalta la necesidad de que exista un producto como Venus. Actualmente, no hay un producto en el mercado que pueda satisfacer la necesidad identificada de forma integral como lo hace Venus, a pesar de que existe una incidencia alta de dismenorrea, como se obtuvo de la investigación inicial. Venus tiene características específicas que pueden satisfacer las necesidades de este público meta, lo que lo hace un producto viable con alto potencial de tener éxito en el mercado. Sin embargo, se recomienda desarrollar un

prototipo experimental que permita obtener datos tanto de la experiencia estética como de los aspectos técnicos, para así corroborar que el producto funcione correctamente y cumpla con su objetivo.

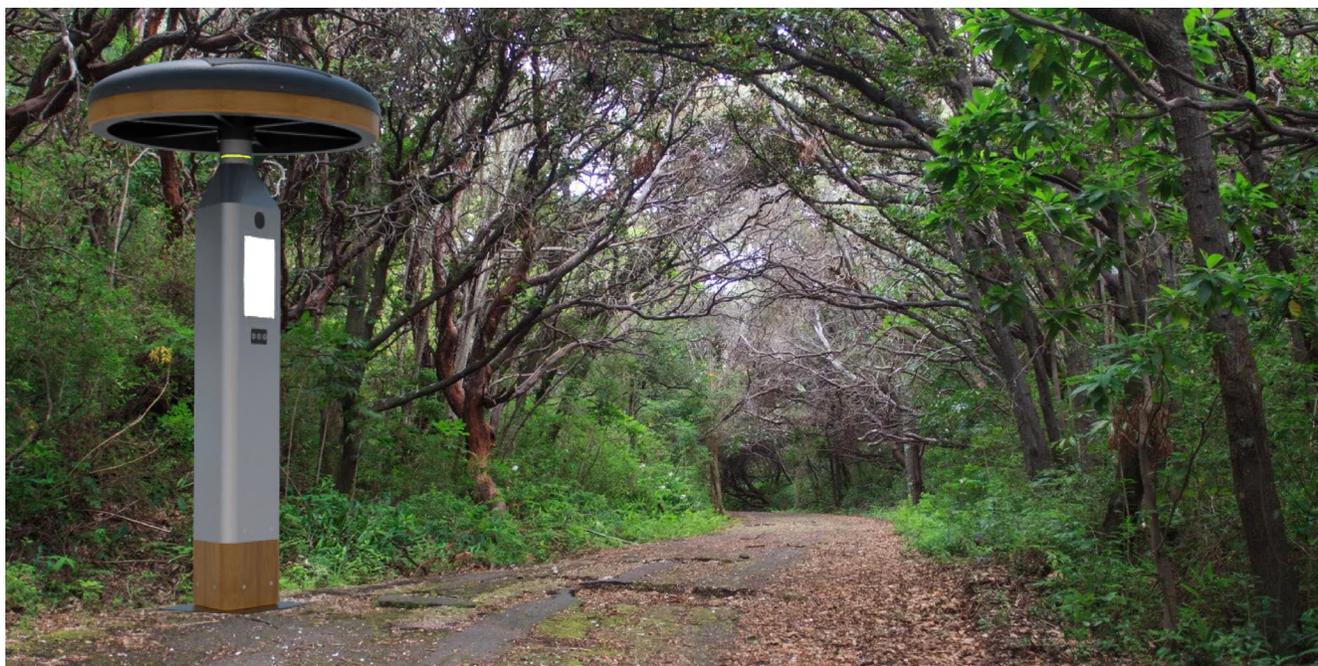
Asimismo, se puede replantear el método de ensamblaje del producto y considerar una manera óptima de llevarlo a cabo sin que exista el riesgo de que se dañe algún componente. Por ejemplo, la colocación de un tornillo en la parte inferior de la luminaria, para evitar que el esfuerzo de colocar la compresa dañe la parte superior en la que se unen las carcasas.

Por último, se recomienda que, para posteriores desarrollos de este producto, se considere el uso de una aplicación móvil donde se pueda llevar un registro completo de la condición de las personas usuarias que utilicen la luminaria y que, de esta manera, el producto se integre como parte esencial del bienestar menstrual.

## Referencias bibliográficas

- [1] E. Fairytale, “Mujer meditando en postura de loto,” 2020, Pexels. [En línea]. Disponible: <https://www.pexels.com/es-es/foto/mujer-meditando-en-postura-de-loto-3822583/>
- [2] L. Zanin, C. Correa, A. Paez, y M. De Bortoli, “Ciclo menstrual: sintomatología física y psicológica. Un estudio preliminar”, presentado en II Congreso Internacional de Investigación y Práctica Profesional en Psicología, las XVII Jornadas de Investigación y el Sexto Encuentro de Investigadores en Psicología del MERCOSUR. Buenos Aires, Argentina, Nov. 22-24, 2010. Disponible: <https://www.academica.org/000-031/305.pdf>
- [3] G. Grandi, S. Ferarri, A. Xholli, M. Canoletta, F. Palma, C. Romani, A. Volpe, y A. Cagnacci, “Prevalence of menstrual pain in young women: What is dysmenorrhea?” *Journal of Pain Research* vol.5, pp. 169, Jun, 2012. Acceso: Dic, 20, 2020, doi: 10.2147/JPR.S30602. [En línea]. Disponible: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3392715/>
- [4] M. Ortiz y L. Romero, “Dismenorrea: dolor crónico cíclico más común y mal tratado en las mujeres”, *Medwave*, vol. 13, no. 03, 2013. doi: 10.5867/medwave.2013.03.5656 [En línea] Disponible: <https://www.medwave.cl/link.cgi/Medwave/PuestaDia/Practica/5656>.
- [5] Reyes, “Tratamiento fisioterapéutico en la dismenorrea primaria”, Tesis M.S, Depto. ciencias médicas, Univ. UCA, Cadiz, Andalucía, España, 2018. [En línea]. Disponible: [https://www.fisiofocus.com/es/beca-tfg/img/tfg/Sara%20Reyes%20Fornell\\_Tratamiento%20fisioterapeutico%20en%20la%20dismenorrea%20primaria.pdf](https://www.fisiofocus.com/es/beca-tfg/img/tfg/Sara%20Reyes%20Fornell_Tratamiento%20fisioterapeutico%20en%20la%20dismenorrea%20primaria.pdf)
- [6] Z. Rakhshae, “Effect of Three Yoga Poses (Cobra, Cat and Fish Poses) in Women with Primary Dysmenorrhea: A Randomized Clinical Trial”, *Journal of Pediatric and Adolescent Gynecology*, vol. 24, no. 4, pp. 192-196, 2011. [En línea] Disponible: 10.1016/j.jpag.2011.01.059.
- [7] M. Proctor and C. Farquhar, “Diagnosis and management of dysmenorrhoea”, *BMJ*, vol. 332, no. 7550, 2006. doi: 10.1136/bmj.332.7550.1134 [En línea] Disponible: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC1459624/>

- [8] P. Hekkert, Design aesthetics: Principles of pleasure in product design., Delft: Psychology, 2006.
- [9] L. Santos, “Factores de riesgo ergonómico en técnicos de atención médica prehospitalaria en una organización en México”, Tesis M.S, Escuela Nacional de Medicina y homeopatía, Instituto Politécnico Nacional, México, D.F., 2016. [En línea]. Disponible: <https://tesis.ipn.mx/bitstream/handle/123456789/22412/Luna%20Santos.pdf?isAllowed=y&sequence=1>
- [10] V. Garro, M. Thuel y V. Robles, “Dismenorrea primaria en las adolescentes: manejo en la atención primaria”, Revista Médica Sinergia, vol. 4, no. 11, 2019. doi: 10.31434/rms.v4i11.296. [En línea] Disponible: <https://revistamedicasinergia.com/index.php/rms/article/view/296>.
- [11] J. A. Diego-Mas, “Evaluación de la manipulación manual de cargas mediante GINSHT,” 2015. [En línea] Disponible: <https://www.ergonautas.upv.es/metodos/ginsht/ginsht-ayuda.php>
- [12] J. Panero, M. Zelnic, “La dimensión humana. Tablas antropométricas” en Las dimensiones humanas en los espacios interiores, 7ma ed. Barcelona, España: Ediciones G.Giii, 1996, cap. B, sec. 2, pp. 90. [En línea]. Disponible: <https://vdocuments.net/las-dimensiones-humanas-en-los-espacios-interiores-58a3556c5af32.html>
- [13] J. Barbosa, F. Trujillo, P. Velásquez, y J. Castellanos, “Estudio para el uso de la tecnología solar fotovoltaica”, Revista Ingeniería Solidaría, vol. 6, no. 10-11, 2010. Disponible: <https://revistas.ucc.edu.co/index.php/in/article/download/453/458/>
- [14] P. Zimmerman, “Mujer-conmovedor-enfermo-indispuesto,” 2020, Pexels. [En línea]. Disponible: <https://www.pexels.com/es-es/foto/mujer-conmovedor-enfermo-indispuesto-3958565/>



# Diseño de un sistema inteligente para asistir, en situaciones de emergencia, a turistas que realizan senderismo en Costa Rica

*Design of a smart system to assist tourists that perform trekking in Costa Rica on emergency situations*

Braulio J. Quirós-Cordero<sup>1</sup>, María A. Piedra-Calderón<sup>2</sup>, Georgette A. Rojas-Muñoz<sup>3</sup>

B. Quirós-Cordero, M. Piedra-Calderón, G. Rojas-Muñoz "Diseño de un sistema inteligente para asistir, en situaciones de emergencia, a turistas que realizan senderismo en Costa Rica", IDI+, vol. 2, no 2, Ene., pp. 20-32, 2022.

 <https://doi.org/10.18845/ridip.v4i2.6072>

Fecha de recepción: 16 de junio de 2021

Fecha de aprobación: 4 de noviembre de 2021

1. Braulio J. Quirós-Cordero  
Estudiante de Ingeniería en  
Diseño Industrial  
Instituto Tecnológico de Costa Rica  
Cartago, Costa Rica  
braulio.j.qc@gmail.com  
 0000-0002-0675-0529

2. María A. Piedra-Calderón  
Estudiante de Ingeniería en  
Diseño Industrial  
Instituto Tecnológico de Costa Rica  
Cartago, Costa Rica  
andpica2@gmail.com  
 0000-0001-9590-259X

3. Georgette A. Rojas-Muñoz  
Estudiante de Ingeniería en  
Diseño Industrial  
Instituto Tecnológico de Costa Rica  
Cartago, Costa Rica  
ariadneromu97@gmail.com  
 0000-0002-5383-9438

## Resumen

El turismo en Costa Rica es una fuente de ingreso económico popular entre turistas tanto nacionales como extranjeros y, gracias a la diversidad de ecosistemas en el país, el senderismo es una de las principales actividades turísticas. El tipo de terreno montañoso en Costa Rica presenta diversidad de dificultades para que las personas puedan ubicarse. Sumado a este factor, la inexperiencia y falta de información sobre los lugares influyen en que las personas puedan perderse dentro de los senderos y encontrarse en situaciones de riesgo.

Debido a lo anterior, se encuentra una clara necesidad de brindar ayuda a las personas que frecuentan los senderos, para minimizar el riesgo de perderse dentro de estos, así como dar información relevante del lugar sobre instalaciones y rutas. Por lo cual, se planteó un objeto inteligente que cubre las necesidades definidas y mejora la experiencia de los turistas en las zonas montañosas. Mejorar los aspectos planteados trae beneficios en factores como seguridad integral, beneficio económico al minimizar los gastos en personal y equipo de rescate, además de mejorar la percepción del turismo de montaña.

Para abordar la problemática, se utilizó la metodología de *design thinking*, centrándose en pasos como conceptualizar la idea, definir la funcionalidad, la forma, detallado de la manufactura y simulación de diseño. Entre los principales aportes del proyecto están: brindar a los usuarios una mayor independencia durante sus recorridos en senderos, poder sentirse seguros en caso de alguna eventualidad y dar una respuesta rápida de las unidades de emergencia.

## Palabras clave

Objeto inteligente; turismo; senderismo; zonas montañosas; diseño.

## Abstract

Tourism in Costa Rica is a big economical source of income and with great popularity among tourists, both residents and non residents, and thanks to the diversity of ecosystems in the country, trekking is one of the main touristic activities performed. The mountainous land has several difficulties for people to get oriented. Added to this factor, the inexperience and lack of proper information of the place can lead people into getting lost inside the trails and finding themselves at risk.

There is a clear necessity to aid people that frequent the trails, to minimize the risk of losing inside those, as well as to give relevant information of the place such as installations and routes. A smart object is proposed to cover the defined needs and improve the experience of the tourists in mountainous areas. Improving these aspects can bring great benefits in aspects such as the integral safety, economical benefit by minimizing the expenses related to rescue teams and equipment, and enhancing the people's perception of mountain tourism.

To approach the investigation, the design thinking method was used, focusing on steps like: conceptualizing the idea, defining the functionality, defining the shape, and design simulation. Some main contributions from the project are: giving users more independence during the trails, giving a feeling of safety in case of an eventuality, and a quick response from emergency units.

## Key words

Smart object; tourism; trekking; mountainous areas; design.

## Introducción

A lo largo de los años, Costa Rica se ha caracterizado por poseer una gran riqueza natural, lo que lo ha convertido en un atractivo turístico. El país se ha preocupado por tomar estos factores para su beneficio y poder no solo conservar la fauna, sino generar turismo centrado en las riquezas presentes. Según el Informe Anual de Estadísticas del SEMEC del 2017, el país cuenta con 127 áreas silvestres protegidas, de las cuales 41 reciben visitación turística [1].

Hoy en día, el turismo en el país es uno de los mayores pilares que aportan a la economía general y, a su vez, genera un crecimiento social. Entre los principales lugares que reciben visitación turística para actividades de senderismo se encuentran los parques nacionales, refugios de vida silvestre, reservas biológicas y reservas forestales. Según un censo realizado por el ICT al SINAC, en el 2017, se recibió un total de 999 203 visitantes residentes y 1 060 199 visitantes no residentes. Dentro de las áreas silvestres más visitadas, se encuentran el Parque Nacional Volcán Arenal, Parque Nacional Braulio Carrillo y el Parque Nacional Chirripó [2].

Parte de la meta del turismo en el país es dar una buena experiencia en los lugares, de manera que influya en la decisión de participar o no en alguna actividad turística. Uno de los factores que aporta a la buena experiencia es dar sensación de seguridad. Por lo que la seguridad turística debe cumplir con una serie de condiciones que brinden satisfacción al turista y que protejan su vida, salud, integridad física, psicológica y económica [3].

Debido a la situación actual de la pandemia por el COVID-19, el turismo en el país se ha visto afectado y sometido a diversidad de restricciones. Cuando se retomaron las actividades turísticas en Costa Rica, en este caso, en zonas montañosas, la población se vio atraída a realizar actividades de senderismo a estas zonas como un escape a las restricciones impuestas y la necesidad de permanecer en los hogares.

Aunque se pensara que no iban a ser muchos los rescates por realizar en las montañas, debido al poco flujo de personas en sectores montañosos, según La Nación, ha habido un incremento de los rescates de montaña desde el inicio de la pandemia, donde se dio un registro de 54

casos entre marzo del 2020 y agosto del 2020 [4].

Entre algunos factores que influyen en el extravío de personas en zonas boscosas, La Nación menciona la falta de identificación de los senderos debido al rápido crecimiento de la maleza; seguir caminando sin preocuparse por retomar el camino original y factores climáticos como deslizamientos, lluvias y neblina que generan desorientación en zonas montañosas [5]. Si bien muchas personas recurren al uso de un dispositivo móvil para ubicarse en lugares de montaña, no es tan confiable utilizarlo, debido a problemas como falta de señal o batería, además, no está centrado en informar sobre los peligros de la zona o los riesgos inminentes.

Debido a los factores mencionados y la creciente problemática, se ha definido la necesidad de crear un objeto inteligente (un objeto con capacidades de *Internet of Things*, que es digital, autónomo y con control de recursos disponibles), con el objetivo de orientar a los visitantes de entornos turísticos de montaña. El propósito principal del proyecto es brindar a los visitantes información de ubicación e interés sobre las instalaciones y condiciones de la zona turística de montaña; notificar al usuario sobre condiciones relevantes a la ubicación y seguridad para mantenerse dentro de los límites y alertar sobre situaciones de emergencia, evitando extravíos. Así como incitar el uso incorporando elementos estéticos, de usabilidad y ecológicos acordes a la zona que capten la atención, además, que dé resistencia a condiciones climáticas y el deterioro.

Debido a la situación de la pandemia y la modalidad virtual de investigación, se propone el desarrollo de simulaciones por medios digitales para ver el impacto que tendría el objeto en relación con la problemática presente.

## Método

La metodología empleada para la creación de este proyecto se planteó iniciando desde lo primordial del objeto, como su conceptualización, y con base en lo definido, desarrollar su funcionalidad, seguido de su forma, para luego plantear su manufactura y realizar una simulación de diseño del objeto. A continuación, se detallan las etapas desarrolladas en el proyecto.

### 1. Conceptualizando la idea

En esta etapa se empezó explorando los tipos de personas que han frecuentado los lugares de turismo de montaña, preguntando sus actividades en el lugar, las problemáticas enfrentadas y otras situaciones que hayan generado molestias en sus experiencias, esto por medio de una encuesta inicial. Con base en los resultados de la encuesta, se plantearon ciertas problemáticas y necesidades que las personas tienen en los lugares de turismo de montaña. Además, se investigó en noticias sobre problemas en Costa Rica en cuanto al turismo de montaña y la manera en la que son abordados.

Con base en la investigación, se definió una lista de necesidades y requerimientos a cubrir por el objeto, entre ellos están: información de la ubicación en el lugar, ubicación clara de instalaciones y servicios, informar/alertar si no se encuentra en ruta correcta, entre otros. Así mismo, se definió un segmento de mercado al cual se dirigiría el producto basado en las personas encuestadas y datos de instituciones como el Instituto Costarricense de Turismo y el Sistema Nacional de Áreas de Conservación, como se ve en la figura 1. Se cuenta con el total anual de visitas en los volcanes y parques nacionales.]

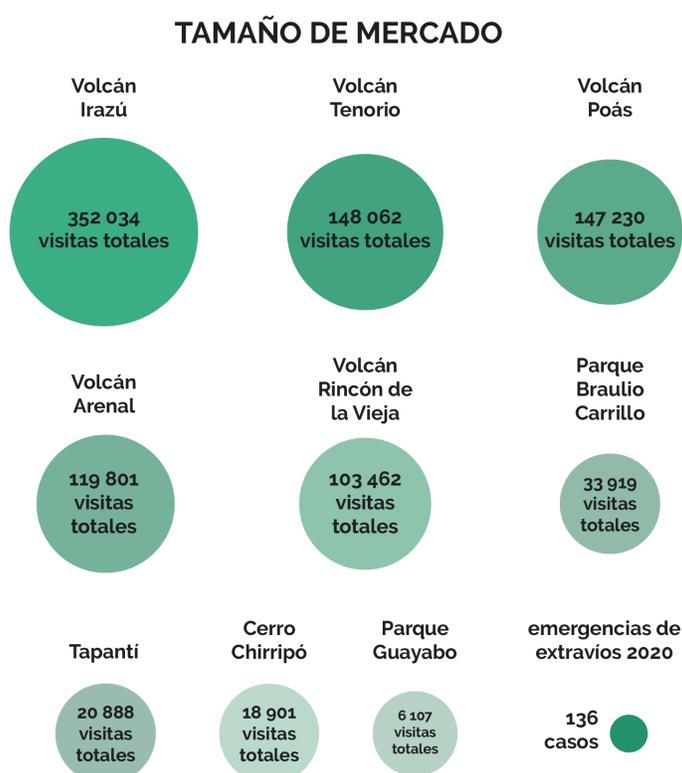


Fig. 1. Cantidad de visitas anuales a los parques y volcanes del país. [2]

Se definieron cuatro personas principales a considerar durante la realización del proyecto, las cuales son: senderistas, padre de familia, turista y extranjero. Con base en estas, se realizó una evaluación de los requerimientos planteados, tomando en consideración usuarios que calzaran en el perfil de las personas planteadas.

Además, se realizó un análisis de referenciales de objetos creados para informar a personas en lugares turísticos, así como objetos centrados en ayudar a personas en situaciones de riesgo en montañas y terrenos complejos. El análisis se da con el fin de identificar la manera de abordar cada proyecto, en temas como su conceptualización, la función a cumplir, sus materiales y formas, así como tecnologías implementadas.

## 2. Definiendo la funcionalidad

Durante esta fase, se comenzó a definir aspectos y necesidades importantes del producto inteligente desde un punto de vista de la función, tales como sistemas y subsistemas del producto, funciones inteligentes y mecánicas, aspectos perceptuales y emocionales del producto, entre otros.

El desarrollo de la etapa se hizo por medio de un análisis tecnológico, revisando principios de funcionamiento y realizando varios esquemas y diagramas, como se puede observar en la figura 2, para tener claridad sobre cuál es la funcionalidad del producto.

### Diagrama sistemas y subsistemas

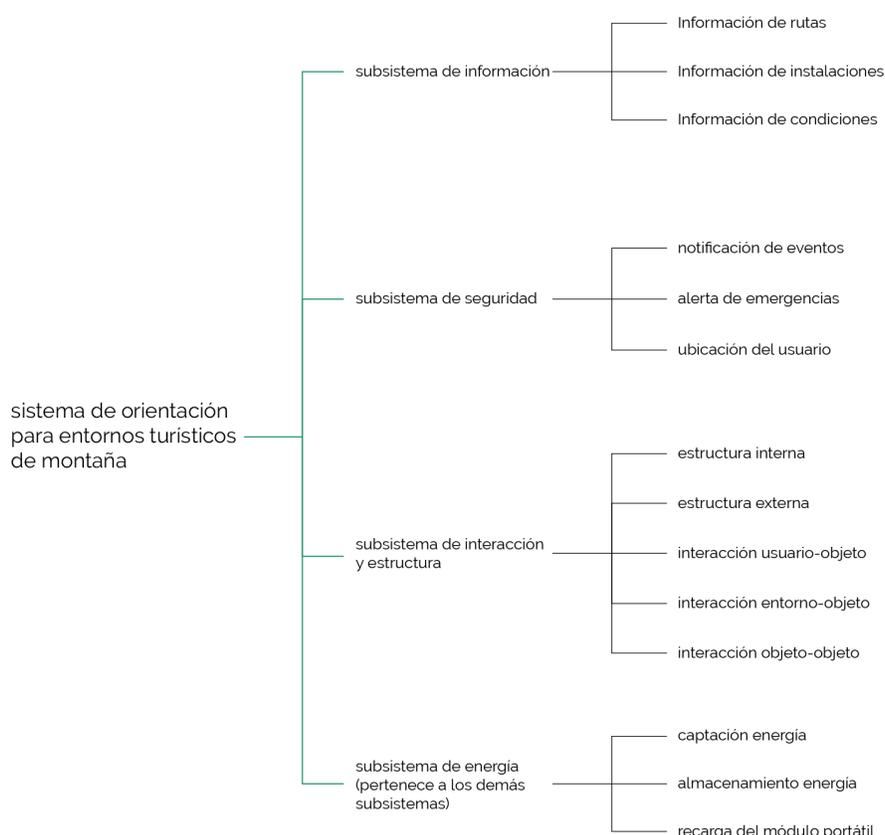


Fig. 2. Diagrama de sistemas y subsistemas.

Una vez definidos estos aspectos, el equipo de diseño logró percibir que, para suplir todas las funciones con las cuales debería contar este producto, fue necesario segmentarlo en dos subsistemas clave, los cuales son: un tótem como subsistema fijo y el collar portátil; además de realizar una encuesta con usuarios de los segmentos de mercado para validar si las funciones definidas estaban bien orientadas a resolver los problemas que tienen y cubrir las necesidades requeridas.

### 3. Definiendo la forma

Para esta etapa, se definió el concepto de diseño, objetivos, alcances, expectativas y se dio una respuesta a las preguntas: ¿qué es?, ¿para quién?, ¿para qué?, ¿cómo? y ¿dónde?, con el fin de definir lo que se quiere lograr con el producto, orientando su diseño desde este punto de partida.

Continuando en la etapa, se realizó un análisis ergonómico, para definir aspectos formales y cognitivos importantes con los que el producto debería cumplir, como alturas, anchos, simbologías, estímulos requeridos, basados en datos antropométricos de la población latinoamericana [5]. También se analizaron datos de biomecánica para conocer sobre el espacio y posiciones de los elementos interactivos del objeto [6]. Además de un análisis perceptual para definir aspectos de la estética y cómo se necesita que el producto se perciba, esto por medio de referenciales, *moodboards* y ejes semánticos.

Tomando en cuenta la información recopilada de dichos análisis y del concepto de diseño, se realizaron bocetos de diferentes propuestas, evaluándolos respecto a los requerimientos y necesidades, para seleccionar una propuesta a la cual se aplicaron mejoras. Así mismo, se detalló considerando la perceptibilidad y mejoras encontradas en las demás propuestas y las necesidades a cumplir por medio de bocetos, modelado y renderizado 3D.

### 4. Detallado de la manufactura

Considerando que el curso se impartió en modalidad remota, debido al contexto actual de pandemia, se planteó la producción de forma en la que se detallaran los procesos de manufactura y construcción del producto apoyándose de recursos virtuales como el modelado y renderizado 3D, explicando las generalidades del producto por estos medios.

Se investigó sobre componentes normalizados y materiales disponibles en el mercado, con el fin de hacer una selección correcta tanto de dichos componentes como de los procesos de manufactura idóneos para el producto, además de considerar los posibles costos para así realizar una cotización realista y detallada.

Se planteó un manual de usuario donde se incluyen aspectos de usabilidad del tótem y collar, considerando también la instalación en el lugar y mantenimiento requerido, con el fin de orientar a los diferentes usuarios y personas que se ven involucrados con el producto.

### 5. Simulación diseño

Debido a la falta de una validación física del diseño del producto por la situación de pandemia del COVID-19, se plantearon diferentes simulaciones para obtener una validación por medio del uso de renderizado 3D de alta calidad, así como un video explicativo de las funciones y la interacción con el usuario, con la intención de que cualquier persona pueda entender el producto y sus usos [8].

## Discusión de resultados

A partir de la investigación y analizando los atributos sobre seguridad turística necesarios para brindar una buena experiencia, tales como protección de su vida, salud, integridad física, psicológica y económica [3, p. 258], junto a los hallazgos realizados en las diferentes etapas, se realiza el diseño del producto inteligente llamado Mýkitas, del griego *μύκητας* (*mykitas*, 'hongo'), en alusión a su forma similar a un hongo, cuya función es brindar asistencia de emergencia y orientación al usuario mientras realiza senderismo, de manera que brinde una mayor sensación de seguridad al usuario durante su visita.

El propósito principal del sistema, definido en las primeras etapas del proyecto, es brindar a los visitantes información de ubicación e interés acerca de las instalaciones y condiciones de la zona turística de montaña; notificar al usuario sobre condiciones relevantes a la ubicación y seguridad, para mantenerse dentro de los límites y alertar sobre situaciones de emergencia, evitando extravíos; e incitar su uso al incorporar elementos estéticos, de usabilidad y ecológicos acordes a la zona, que capten la atención y brinden resistencia a condiciones climáticas y al deterioro. Se consigue crear el producto inteligente con las características indicadas anteriormente, logrando así proporcionar al usuario seguridad y orientación durante el senderismo, así como brindar una experiencia grata y agradable, con el fin de promover el turismo de montaña.

### ¿Cómo se resuelve el problema?

El diseño del producto Mýkitas resuelve una problemática existente en el turismo de montaña, de manera que, al constituirse de dos elementos: uno estático y otro portátil, facilita el monitoreo de cada persona y que sean más fáciles de localizar para el personal del parque; en caso de una emergencia, evita la necesidad de llevar equipo de más, ya que se cuenta con la ubicación exacta.

El collar localizador Mýkitas acompaña al usuario en todo momento y le brinda la oportunidad de una mayor independencia en su camino, además de la posibilidad de pedir ayuda en cualquier momento que lo requiera.

Los productos se mantienen interconectados por medio de radiofrecuencia, esto permite que haya comunicación entre ellos, independientemente de la lejanía a la que se encuentre la persona y, si la persona llega a estar en una ruta incorrecta o alejada de los rangos permitidos, el collar dará diferentes alertas al usuario de manera inmediata para informar sobre el riesgo.

Se detalla la arquitectura del producto con el uso de *renders* en explosos tanto del tótem como del collar, mostrando detalles de unión y ensamble, materiales, sistemas y subsistemas que contiene (figura 3, 4, 5 y 6).

### Tótem: partes externas

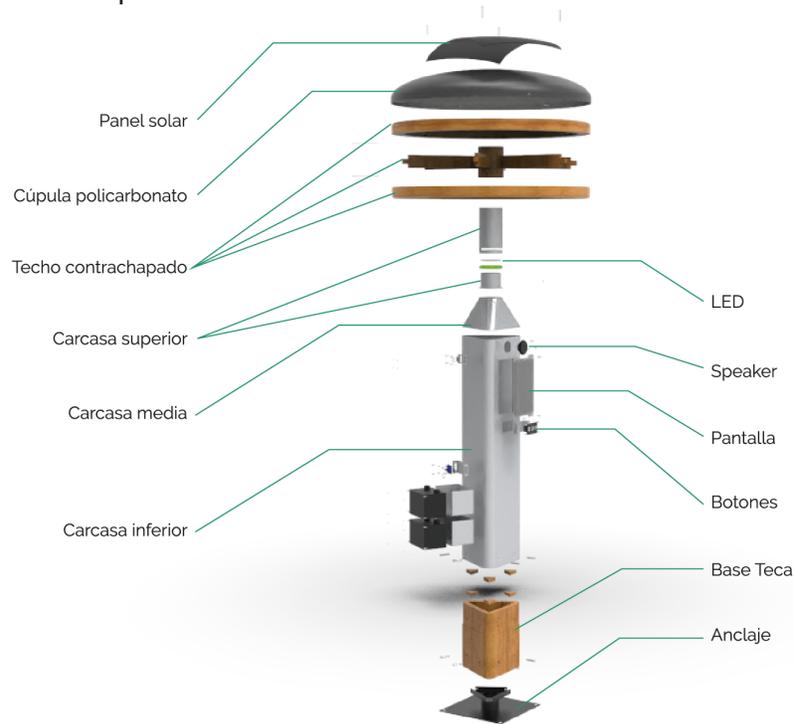


Fig. 3. Explosivo arquitectura del Tótem.

### Localizador: partes

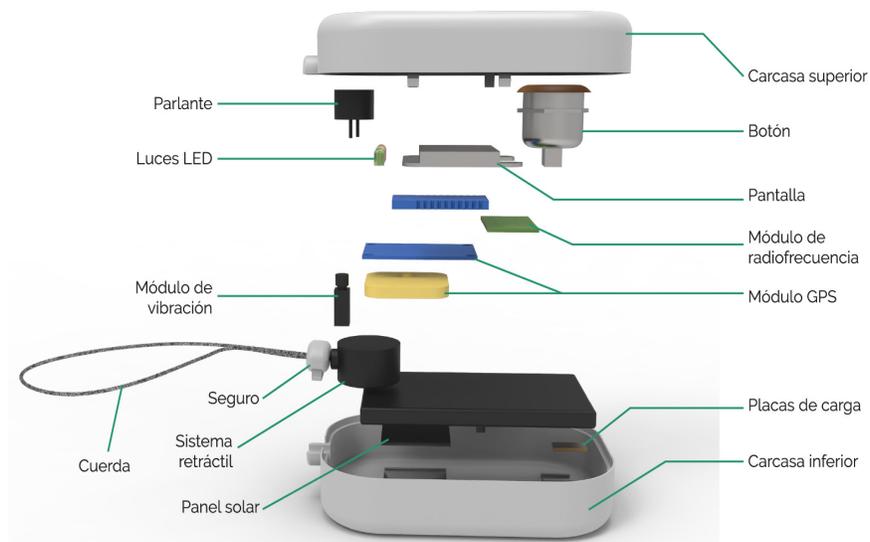


Fig. 4. Explosivo arquitectura del localizador.



Fig. 5. Render del tótem.



Fig. 6. Render del localizador.

### Hallazgos técnicos/manufactura

Para la fabricación de las partes, se sugieren materiales que resistan el ambiente complejo de montaña, el cual implica grandes cantidades de lluvia, humedad y polvo. El techo del tótem consta de madera contrachapada, ya que presenta mayor resistencia para soportar dicha estructura.

La base del tótem se construye a partir de tablas de madera de teca unidas y cuñas del mismo material en la parte interior para brindar mayor estabilidad y soporte. Para reforzar toda la estructura del tótem, se adiciona una capa de acero entre el suelo y el objeto inteligente.

## Uso del tótem y collar localizador Mýkitas

En la figura 7, se puede observar el uso y la interacción, además de las funciones inteligentes que posee el producto. Se agrega un video explicativo [8] donde se plantean las interacciones del producto con los usuarios.

En el video se observa cómo se brindará un localizador Mýkitas al usuario al ingresar a un parque, para que, por medio de este, pueda enlazarse con los tótems y recibir información. Si el usuario se sale de las rutas seguras en los senderos, el collar brindará señales de alerta con luz, sonido y vibraciones, y en la aplicación podrá encontrar una ruta adecuada para volver. En caso de ocurrir un accidente o emergencia, el collar tiene un botón para llamar a las autoridades correspondientes y ser atendido.

Uso e interacción del producto:



En caso de extravío:



En caso de emergencia:



Fig. 7. Uso e interacción del producto inteligente.

## Conclusiones

Contar con el producto inteligente Mýkitas, al realizar senderismo en los principales parques del país, representará una gran ayuda para los visitantes y el personal de los parques. Las personas logran sentirse más seguras en su camino, ya que pueden acceder a ayuda en cualquier momento. También se logra una mayor independencia en los usuarios, gracias a que, al contar con la aplicación en sus teléfonos, pueden tener el mapa de los senderos en todo momento y estar seguros de por donde caminan. Además, se mejora la experiencia del usuario mientras realiza senderismo, ya que puede saber información como datos interesantes del lugar y condiciones de este. Al momento de una emergencia, la utilización de este producto inteligente permite que se pueda brindar una respuesta más rápida para las personas afectadas.

Otros beneficios que se adquieren al contar con este producto son los económicos, ya que permite conocer el lugar exacto de la persona afectada en una emergencia y se disminuye el personal y equipo de rescate. Al encontrarse ubicado dentro de las instalaciones de los parques, el producto brinda un factor de estética y tecnología sin perder la naturalidad. A su vez, el turismo costarricense de montaña se beneficia mejorando su imagen y atrayendo a cada vez más público tanto nacional como extranjero.

## Referencias

- [1] Informe anual Estadísticas SEMEC 2017, Sistema Nacional de Áreas de Conservación, [En línea]. Disponible: <http://www.sinac.go.cr/ES/transprncia/Informe%20SEMEC/Informe%20SEMEC%202017.pdf>
- [2] Visita a las Áreas Silvestres Protegidas 2019 (SINAC), Instituto Costarricense de Turismo, [En línea]. Disponible: <https://www.ict.go.cr/es/documentos-institucionales/estad%C3%ADsticas/cifras-tur%C3%ADsticas/visita-a-las-%C3%A1reas-silvestres-protegidas-sinac/1397-2017-2/file.html>
- [3] R. Martínez y O. Trejoluna. “La percepción de seguridad de los turistas en un sitio de turismo religioso.” en *International Journal of Scientific Management and Tourism*, 2017, pp. 255-273, [En línea]. Disponible: <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/6182550.pdf>.
- [4] La Nación. Cruz Roja reporta incremento de rescates en montañas desde que comenzaron restricciones por pandemia Ago. 2020. [En línea]. Disponible: <https://www.nacion.com/sucesos/seguridad/cruz-roja-reporta-incremento-de-rescates-en/5XM36AIMGNETRNGXRE6MV7VOI/story/>
- [5] La Nación. ¿De paseo a la montaña? Conserve carga en el celular porque podría salvarlo en caso de extravío. Ene, 2019. [En línea]. Disponible: <https://www.nacion.com/sucesos/seguridad/de-paseo-a-la-montana-conserve-carga-en-el/26P6HLY42JEZBBQAMN7ALFTALU/story/>

- [6] A.C. Rosalio, “Dimensiones antropométricas de la población latinoamericana : México, Cuba, Colombia, Chile”. [En línea]. Disponible:  
<https://repository.usta.edu.co/bitstream/handle/11634/14486/2018sergioboh%C3%B3rquez4.pdf?sequence=6&isAllowed=y>
- [7] Araya, L; “Ángulos de movimiento, laboratorios biomecánica”. 2018. [En línea]. Disponible: Tecdigital.
- [8] A. Piedra, B. Quirós, A. Rojas. “MÝKITAS: Diseño de producto inteligente para el turismo de montaña.”. Jun. 2021. [En línea]. Disponible: <https://www.youtube.com/watch?v=R4lO0GGTMAw>



# Optimización del diseño en manufactura y ensamblaje de un producto de ayuda técnica para personas con movilidad reducida en la playa

*Design optimization in manufacturing and assembly of a technical assistance product for people with reduced mobility on the beach*

Hilda Vásquez-Carvajal<sup>1</sup>, María Fernanda Arce-Murillo<sup>2</sup>, Tiffany Gamboa-Salas<sup>3</sup>

H. Vásquez-Carvajal, M.F. Arce-Murillo, T. Gamboa-Salas "Optimización del diseño en manufactura y ensamblaje de un producto de ayuda técnica para personas con movilidad reducida en la playa", IDI+, vol. 2, no 2, Ene., pp. 33-49, 2022.

 <https://doi.org/10.18845/ridip.v4i2.6073>

Fecha de recepción: 28 de junio de 2021

Fecha de aprobación: 11 de noviembre de 2021

1. Hilda Vásquez-Carvajal  
Estudiante de Ingeniería en  
Diseño Industrial  
Instituto Tecnológico de Costa Rica  
Cartago, Costa Rica  
hildarvc@estudiantec.cr  
 0000-0003-2076-9207

2. María F. Arce-Murillo  
Estudiante de Ingeniería en  
Diseño Industrial  
Instituto Tecnológico de Costa Rica  
Cartago, Costa Rica  
mfer2017@estudiantec.cr  
 0000-0003-2481-0289

3. Tiffany Gamboa-Salas  
Estudiante de Ingeniería en  
Diseño Industrial  
Instituto Tecnológico de Costa Rica  
Cartago, Costa Rica  
tiffanyG@estudiantec.cr  
 0000-0002-8612-4682

## Resumen

Las playas han sido uno de los mayores atractivos turísticos de Costa Rica y el 76 % de los turistas extranjeros las han frecuentado en su estadía en el país. De hecho, Costa Rica fue elegido el mejor destino a nivel mundial para la población jubilada. Pero, curiosamente, una de sus mayores problemáticas ha sido que muy pocas playas son accesibles y amigables para personas con discapacidad o adultos mayores. Actualmente, existen solo siete playas con rampas para sillas de ruedas o entradas accesibles en el país. Para solventar este problema, fueron diseñadas las muletas Amphibio, una ayuda técnica para que personas con movilidad inferior reducida puedan disfrutar de este ambiente. Se estudió y aplicó la metodología de Design for X y Design for Manufacture and Assembly (DFMA), con lo cual se logró optimizar el proceso de manufactura del producto y se concluyó con una nueva versión con mejoras significativas en su proceso de ensamble y fabricación. La implementación de estas metodologías en el desarrollo del producto logró generar un nuevo diseño tomando en cuenta no solo al usuario, sino también su fabricación y ensamblaje. Se observaron mejoras significativas en términos de cantidad de piezas, materiales principales, tipos de uniones y procesos de manufactura.

## Palabras Clave

Manufactura; diseño industrial; ayuda técnica; producto inclusivo; playa

## Abstract

The beaches are one of the most fantastic tourist attractions in Costa Rica, and 76% of foreign tourists pass through our beaches during their stay in the country. In fact, Costa Rica was chosen as the best destination in the world for the retired population.

However, curiously, one of our beaches' most significant problems is that very few are accessible and friendly for people with disabilities or older adults. There are currently only seven beaches with wheelchair ramps or accessible entrances in the country. Amphibio crutches were designed to solve this problem, a technical aid so that people with reduced lower mobility can enjoy this environment. The Design for X and Design for Manufacture and Assembly (DFMA) methodology was studied and applied to optimize the product's manufacturing process and conclude with a new version with significant improvements in its assembly and manufacturing process. By implementing these methodologies in the development of the product, a new design was generated. Through this, it considers the user and its manufacture and assembly. Significant improvements can be observed in terms of the number of parts, primary materials, types of joints, and manufacturing processes.

## Keywords

Manufacturing; industrial design; technical assistance; inclusive product; beach

## Introducción

Alrededor de un 18,2 % de la población costarricense tiene algún tipo de discapacidad [1]. Más allá, los adultos mayores en Costa Rica abarcan un 9,55 % de la población y, según las estimaciones del Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC), se espera que este porcentaje se triplique en los próximos 40 años [2].

Por esta situación, Costa Rica está incursionando en la adaptabilidad de espacios recreativos para personas con discapacidad. El país tiene un proyecto con la Red Costarricense de Turismo Accesible, con el fin de ser el primer país en Centroamérica con playas accesibles. De aquí surge la necesidad de crear una ayuda técnica para personas con movilidad inferior reducida en la playa y colaborar con esta iniciativa para seguir fomentando la inclusividad.

Debido a lo anterior, se diseñan las muletas Amphibio. Mediante este producto, se pretende mejorar la accesibilidad de las playas de Costa Rica al ofrecerlas como un servicio para los turistas. El producto se diseña para poder utilizarse tanto dentro como fuera del agua, por lo tanto, tiene como requerimientos fundamentales poseer resistencia al agua salada y salitre, resistencia a los rayos UV, al calor y a la humedad; estar fabricado con un material que no genere fricción que pueda lastimar la piel de los usuarios; además, ser un material que pueda flotar y que sea ligero. Puede verse el modelo de las muletas en la figura 1.



Fig. 1. Muletas Amphibio originales.

Dentro de la configuración del producto inicial, se contempla crear diferentes tallas o módulos que pudieran variar dependiendo de la altura del codo, del largo del antebrazo y de la estatura del usuario. Esto con el fin de que sea un producto más accesible. Este detalle se puede ver en la figura 2.

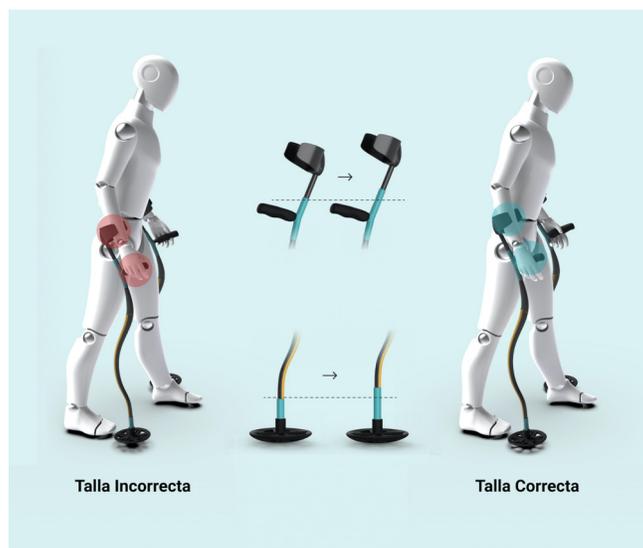


Fig. 2. Sistema de tallas.

Sin embargo, uno de los problemas identificados es la cantidad de piezas totales que posee el diseño, dado que se contempla un total de 11 piezas. Esto puede llevar a problemas de ensamblado, tiempos largos de fabricación y elevados costos de producción. Las partes del producto se pueden apreciar en la figura 3.

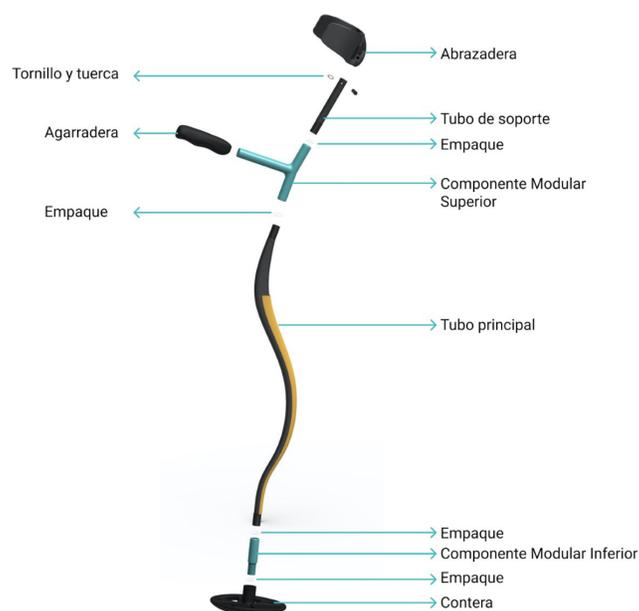


Fig. 3. Partes de las Muletas Amphibio iniciales.

Otro de los problemas observados son las uniones del ensamblaje, las cuales son uniones roscadas (ver figura 4). Se llega a la conclusión de que estas uniones deben ser rediseñadas, debido a que la duración de ensamblaje, la posibilidad de fallas durante el armado y la hermeticidad del producto no se resolvían de la mejor manera, ya que existen mejores opciones para solucionar el problema.

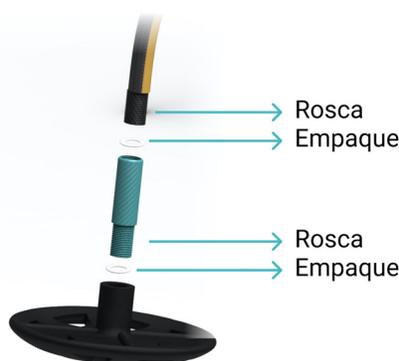


Figura 4. Unión roscada.

Por otro lado, el producto está fabricado con tres materiales, los cuales son fibra de carbono para la estructura principal, caucho natural para la contera y silicona como recubrimiento para los puntos de contacto con la piel del usuario. No obstante, el material de la fibra de carbono es conocido por tener un alto precio, lo cual es otro de los problemas por resolver, ya que afecta la rentabilidad del producto.

La consideración de los problemas de fabricación y ensamblaje en la etapa de diseño del producto es, por lo tanto, la forma más rentable disponible para reducir los costos de ensamblaje y aumentar la productividad [3]. Por lo que este artículo se basa en el planteamiento para mejorar la manufactura y el ensamble de este producto, tomando en cuenta el diseño explicado previamente como base para la investigación.

## Metodología

### *Design for Manufacture and Assembly (DFMA)*

Una vez que se obtuvo el diseño del producto, se procedió con el análisis de su manufactura y ensamble, donde se aplicó DFMA, la cual es una metodología de ingeniería que se centra en simplificar el diseño de un producto para mejorar la facilidad de fabricación y la eficiencia del montaje [4]. Al ser aplicada, se aspira a integrar y coordinar los procesos de diseño y fabricación desde el inicio de las etapas de diseño y desarrollo, así como lograr la congruencia entre los procesos de diseño y manufactura. Más que pasos o etapas, el DFMA posee lineamientos que guían al diseñador durante el proceso.

Para efectos del desarrollo del trabajo, se tomaron en cuenta lineamientos como reducir al mínimo el número de partes y componentes de la configuración del producto, reducir al mínimo la cantidad de números de piezas presentes, conocer los requisitos ergonómicos y accesibles [5]. Asimismo, el lineamiento de facilitar el armado por medio de ensamblajes simples a prueba de fallos y errores del usuario; a su vez, los ensamblajes contribuyen a un fácil mantenimiento [5]. Se contempló el lineamiento de analizar la estructura del producto de acuerdo con las tecnologías disponibles para su manufactura [5].

### **Design for X (DFX)**

La metodología DFX es el principal pilar de la ingeniería concurrente. Consiste en métodos, directrices y estándares para crear productos de mejor calidad en la fase de diseño conceptual. Bajo el nombre de “Diseño para la excelencia”, es adoptada por las empresas como parte integral del proceso de desarrollo de productos de mayor calidad, menor costo del producto y ciclos de desarrollo de productos más cortos [6]; gracias a la modularidad en el diseño de productos [7], diseño para el desmontaje (DFD) [8], diseño para la logística de materiales (DFML) [9], diseño para el medio ambiente (DFE) [10], diseño para el servicio (DFS) [11], diseño para mantenibilidad (DFM) [12], entre otras metodologías que componen al DFX.

Tomando en cuenta las metodologías anteriormente descritas, se realizaron las siguientes fases:

#### **Fase 1: Análisis del producto**

- Se realiza un análisis general del producto inicial. Este puede ser de tipo configuracional, de utilidad, funcional, de materiales, perceptual, de sus procesos de manufactura, tecnologías necesarias para poder materializar el producto, etc. Esto con el fin de establecer requisitos y requerimientos de su forma y configuración.
- Se detalla la configuración de cada pieza del producto. Para esto, se realiza el modelado del producto tomando en cuenta los detalles constructivos, de montaje (uniones, articulaciones, acoplamientos, cierres, etc.) y los materiales propuestos para cada pieza.
- Se enlistan los componentes de mercado (estandarizados y normalizados) y establecen los materiales idóneos en conjunto con las tecnologías pertinentes.

#### **Fase 2: Procesos de manufactura para piezas y montaje**

- Se analiza la estructura y arquitectura del producto. Esto con el objetivo de establecer la interacción entre partes e interfaces de cada pieza.
- Se analiza el diseño del producto versus el proceso de manufactura empleado, utilizando la metodología del Diseño para Manufactura y Ensamble (DFMA).

### Fase 3: DFMA

- Se establecen mejoras en el diseño y el proceso de manufactura. Posteriormente, se implementan los cambios necesarios de acuerdo con el DFMA.

### Resultados

Siguiendo la metodología descrita anteriormente, se logra desarrollar cambios que mejoran el producto diseñado, tanto en su configuración como en su proceso de manufactura, basado en las metodologías implementadas, principalmente DFMA.

Dentro de los resultados obtenidos, existen tres que hacen el producto más eficiente tanto a nivel de manufactura como de uso. El primero de ellos es el tipo de materiales que se determinó usar, los cuales fueron seleccionados por su alta resistencia en las condiciones presentes en las playas y su durabilidad al ser utilizado. El segundo resultado importante fue la cantidad de piezas y partes utilizadas en la configuración de las muletas. El diseño inicial estaba compuesto por 11 piezas, sin contabilizar los componentes estandarizados, donde estaba la abrazadera, el tubo de soporte, la agarradera, componente modular superior (3), el tubo principal, componente modular inferior (3) y la contera.

Al aplicar las metodologías, se logra reducir la cantidad a cinco piezas, donde cada una de ellas presenta una mejora implementada. En la figura 5, se observa un resumen de los principales cambios a nivel de ensamblajes. De este modo, se reduce el tiempo necesario para su ensamblaje y facilita comprender su uso.



Fig. 5. Resumen de nuevos ensamblajes.

**La abrazadera:** esta pieza se mantiene con la forma definida originalmente, sin embargo, al ser ensamblada a las demás, se realiza con el uso de un pasador que permite que esta abrazadera sea articulada y pueda moverse angularmente, para adaptarse a la altura del brazo del usuario, promoviendo la modularidad del producto. Se observa con más detalle en la figura 6



Fig. 6. Abrazadera articulada.

**El tubo de soporte:** el diseño inicial presentaba dos tubos que componían el tubo de soporte y el de la agarradera, esto porque uno de ellos correspondía a la pieza modular con diferentes dimensiones, donde, al ser analizado, se determina que la diferencia en las dimensiones eran mínimas, por lo que se procedió a eliminar dicha pieza, haciendo una única pieza, lo que disminuye la cantidad y acelera el proceso de producción. Esto se puede observar con más detalle en la figura 7.



Fig. 7. Tubo de soporte unificado.

**La agarradera:** se realiza un recubrimiento de silicona para la agarradera, donde existe un alto contacto por parte del usuario, con el fin de brindarle mayor comodidad al utilizar el producto, y evitar que tenga una posibilidad de lastimar sus manos. Se puede ver el detalle en la figura 8.



Fig. 8. Recubrimiento de la agarradera.

**El tubo principal:** esta pieza presenta alta complejidad en su manufactura, por lo que se determina que sea una pieza aparte de las demás, con el propósito de que su morfología se respete al manufacturarse, ya que permite distribuir eficientemente las fuerzas implementadas en la muleta y, en caso de que esta se dañe, pueda ser fácilmente reemplazada sin desechar toda la muleta, reduciendo el uso de material en la producción. Esta forma se puede observar en la figura 9.



Fig. 9. Tubo principal.

**La contera regulable:** esta pieza está realizada por un subensamble, donde, en el tubo que permite regular la altura de la muleta y brinda la modularidad buscada en las muletas, es insertada la contera. Se puede observar en la figura 10.



Fig. 10. Contera regulable.

El último aspecto mejorado en el producto diseñado fueron sus tipos de uniones y ensambles. El diseño inicial contaba con uniones tipo rosca para cada pieza, sin embargo, siguiendo las pautas del DFMA, se determina que esto debe ser cambiado y se realiza un análisis de tipos de uniones y métodos de ensamblaje. Como se observa en la figura 11, el ensamble de la abrazadera al tubo de soporte se realiza por medio de un pasador (componente estandarizado) que permite su articulación.



Fig. 11. Unión de pasador.

La unión entre el tubo de soporte y el tubo principal se realiza por medio de un ensamble por presión (como se observa en la figura 12), donde el tubo principal es insertado en el interior del otro, en el que se fija su posición por la fricción del material. El tubo regulable es ensamblado en la contera cuando esta se encuentra en su proceso de manufactura, ya que este se inserta en el molde donde el caucho se conforma.



Fig. 12. Unión por presión.

Como se observa en la figura 13, se implementa una unión entre el tubo principal y el tubo regulable que permite cambiar la altura de la muleta, por medio de gradientes internos, donde el tubo inferior encaja dentro de las paredes internas del otro tubo, en el que es girado y se fija para poder ser utilizado. De esta manera, los ensambles implementados en el nuevo diseño permiten agilizar el proceso de ensamblado, reduciendo el tiempo necesario para ello

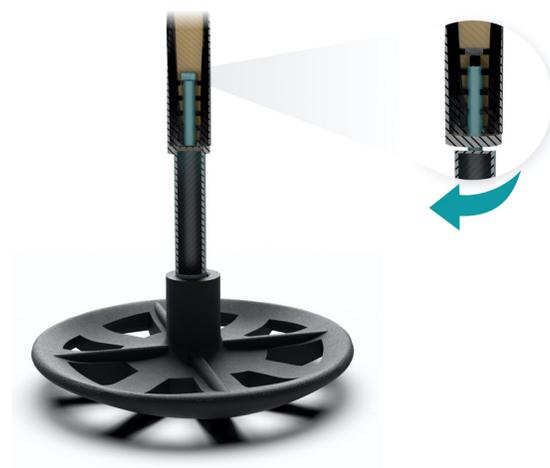


Fig. 13. Unión de contera regulable.

Por último, se muestra en la figura 14 una imagen de cómo se ve el nuevo diseño de las muletas Amphibio. Se puede notar que en su apariencia externa tiene pocas modificaciones, ya que los cambios implementados se encuentran, principalmente, a nivel de ensambles internos, como ya se explicó.



Fig. 14. Nuevo diseño de las muletas.

## Discusión

Dados los cambios efectuados al diseño original, se realiza un análisis de los materiales. Se determinó el cambio de material a polietileno de alta densidad [13] con reforzamiento de fibra de vidrio; debido a las características que debe tener el producto, el material se seleccionó por medio del concepto de plásticos para la ingeniería [14], de este modo, se reduce el costo de producción, puede ser manufacturado a nivel nacional y el producto conserva las propiedades necesarias brindadas por los materiales para cumplir los requisitos establecidos. El material de la contera se mantiene siendo caucho natural [15] y se mantiene la silicona [16] como material por utilizar para el recubrimiento de la agarradera.

Al cambiar los materiales para manufacturar las muletas Amphibio, se cambiaron los procesos de manufactura. Los nuevos procesos se seleccionaron según la morfología de las piezas:

**El moldeo por inyección** [17] es utilizado para la fabricación de la abrazadera y el tubo de soporte de polietileno de alta densidad con reforzamiento de fibra de vidrio y el recubrimiento para la agarradera de silicona. Este proceso inicia con la colocación del molde, se plastifica el masterbatch, el cual es la mezcla de polímeros y aditivos, que se plastifican y son inyectados dentro del molde hasta ser llenado, donde adopta su forma al enfriarse.

**El moldeo por inyección asistida por gas** [18] es utilizado para manufacturar el tubo principal y el tubo regulable con polietileno de alta densidad con reforzamiento de fibra de vidrio, que poseen formas complejas. Este proceso se deriva del anterior, con la diferencia de ser inyectado parcialmente con el masterbatch plastificado y luego con gas, que comprime el material hacia las paredes formando piezas vaciadas.

**El moldeo por compresión con insertos** [19] se selecciona para la fabricación de la contera donde se ensambla permanentemente con el tubo regulable como inserto. El proceso inicia, de igual forma, con la colocación del molde y en él se coloca la pieza como inserto; se introduce el caucho plastificado para que adopte la forma y se fije al inserto al enfriarse.

De este modo, se alcanza implementar las mejoras tanto en la fase de diseño del producto como en su manufactura, los cuales permiten que el producto pueda ser fabricado pensando en que su diseño sea óptimo dentro de la metodología de DFMA y, principalmente, logre el objetivo del Diseño para la Excelencia (DFX).

### Estrategia de manufactura

Para comprender la estrategia planteada de manufactura, es necesario conocer las actividades presentes en todo el proceso del producto, detalladas con mayor profundidad, como se observa en la figura 15.

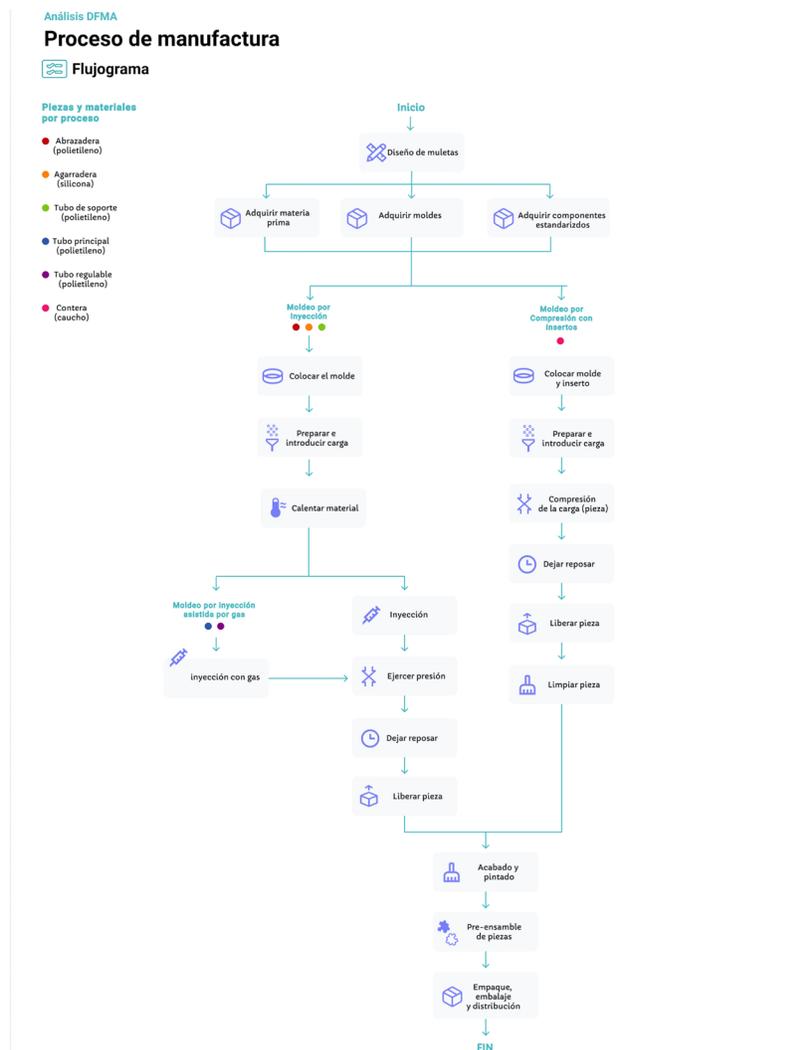


Fig. 15. Flujograma de la estrategia del proceso de manufactura para muletas Amphibio.

La actividad inicial de diseño se concentra en definir el concepto, los requisitos, la morfología y los materiales que serán utilizados. De igual manera, se realizan modelos asistidos por computadora, donde se evalúa la distribución de fuerzas del diseño.

Posteriormente, se continúa con la fase de producción piloto, donde se realiza un prototipo para comprobar los tipos de uniones, dimensiones y el cumplimiento de los requisitos y funciones. Una vez se ha comprobado y corregido lo necesario, en caso de serlo, se procede a obtener las materias primas, moldes y componentes estandarizados para iniciar el proceso de manufactura. Los procesos de manufactura se realizan en su mayoría de manera simultánea, lo que permite agilizar la producción.

Al obtener todas las piezas manufacturadas, se procede al acabado y pintado. Luego se realiza un preensamble donde se coloca el recubrimiento de silicona de la agarradera y la abrazadera articulada, con el uso de un pasador, al tubo de soporte y este se une al tubo principal por medio de un encaje por presión.

Para finalizar, las muletas preensambladas junto con la contera regulable se embalan y son empacadas para proceder con su distribución a los puntos costeros y playas turísticas donde serán utilizadas. Siguiendo este planteamiento, se logra optimizar el proceso en cuanto recursos utilizados y el tiempo necesario para la producción de las muletas, como consecuencia de aplicar las metodologías analizadas del Diseño para la Excelencia.

Para potenciar las mejoras planteadas al producto, se proyecta que, en las investigaciones futuras, se pueda analizar con mayor profundidad el reciclaje de los materiales utilizados para su fabricación y su impacto ambiental. Asimismo, realizar un análisis exhaustivo de su ciclo de vida como producto, de modo que se comprenda las funciones que el ingeniero en diseño industrial tiene dentro de sus etapas de desarrollo. Otro factor importante por evaluar en el futuro es crear un producto piloto para generar pruebas con usuarios y asegurar su usabilidad y calidad.

## Conclusiones

El diseño de un producto se centra en la necesidad del cliente, lo cual es imprescindible para satisfacer y cumplir las tareas requeridas. Sin embargo, el diseño debe contemplar más aspectos involucrados en todo el proceso, que un producto desde su inicio hasta su disposición final.

La metodología Design for X, empleada en el desarrollo de las muletas Amphibio, se rige por el concepto de analizar cada uno de los aspectos involucrados dentro del proceso de obtención del producto; para así concebirlo con los más altos estándares de calidad y usabilidad. Un aspecto que, por lo general, no es considerado por todos los ingenieros en diseño industrial y que ha mostrado alto impacto dentro de los resultados, es el proceso de manufactura.

Esto se ve reflejado en el proceso de diseño, ya que es determinante para cumplir con los requerimientos planteados en una fase conceptual. Por esta razón, es necesario comprender que se debe crear un análisis que contemple los materiales, costos monetarios, tecnologías en procesos de manufactura, entre otras características, que, en conjunto, potencian el diseño, de modo que se logra optimizar el tiempo de producción e incluso los recursos utilizados.

Asimismo, al aplicar el método de DFMA dentro del diseño de un producto, se comprende cómo será ensamblado el producto y la dificultad que este puede presentar para los usuarios. Al aplicarse en el diseño de estas muletas en específico, se obtuvo como resultado una minimización de cantidad de piezas y partes que las conforman, sin alterar su cumplimiento con los requerimientos de diseño e incluso facilitando la usabilidad para los usuarios. Asimismo, se logró realizar un único ensamble que conserva la característica principal del producto, al poder modular su altura, lo que mejora las muletas en términos de usabilidad y en el proceso de producción.

Este proceso de diseño refleja la importancia de integrar todos los aspectos relacionados al producto, ya que, de este modo, garantiza los resultados, aparte de satisfacer a los usuarios. Esto genera múltiples beneficios para la empresa y considera el postuso del producto, de modo que también reduce las implicaciones ambientales que este podría tener. Así, la idea de que el diseño se realiza por un único departamento en la empresa está obsoleta, y todos los departamentos se involucran para brindar el producto con la mayor calidad, eficiencia y rentabilidad posible, que contemple cada aspecto de importancia, sin dejar de lado la satisfacción del cliente.

## Referencias

- [1] (INEC) Instituto Nacional de Estadística y Censos, “Primera Encuesta Nacional sobre Discapacidad 2018,” May 2018 [Online]. Available: <https://www.inec.cr/noticia/pais-tiene-182-personas-en-situacion-de-discapacidad>
- [2] (INEC) Instituto Nacional de Estadística y Censos, “La población adulta mayor se triplicaría en los próximos 40 años” 2018.
- [3] N. Palmer, “Design for Excellence (DFx) to Improve Product Cost, Quality, and Time to Market.” [Online]. Available: <https://blog.ttelectronics.com/design-for-excellence>
- [4] "Design for Manufacturing and Assembly (DFMA) | Siemens Software", Siemens Digital Industries Software, 2021. [Online]. Available: <https://www.plm.automation.siemens.com/global/es/our-story/glossary/design-for-manufacturing-and-assembly-dfma/53982>.
- [5] B. G.F and J. Carvalho, “Design for Manufacturing and Assembly methodology applied to aircrafts design and manufacturing,” vol. 46, no. 7, pp. 116–121, 2013, doi: <https://doi.org/10.3182/20130522-3-BR-4036.00044>. [Online]. Available: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1474667015356603>

- [6] N. Palmer, "Design for Excellence (DFx) to Improve Product Cost, Quality, and Time to Market", Blog.ttelectronics.com, 2019. [Online]. Available: <https://blog.ttelectronics.com/design-for-excellence>
- [7] L. Asión Suñer, Estudio de los métodos de diseño modular y sus aplicaciones. 2017.
- [8] J. Mule, "Design for Disassembly Approaches on Product Development", International Journal of Scientific & Engineering Research, vol. 3, no. 6, 2012. Available: <https://www.ijser.org/onlineResearchPaperViewer.aspx?Design-for-Disassembly-Approaches-on-Product-Development.pdf>. [Accessed 28 June 2021].
- [9] M. Ashby and K. Johnson, "Materials and Design: The Art and Science of - ProQuest", Proquest.com, 2014. [Online]. Available: <https://www.proquest.com/legacydocview/EBC/5754493?accountid=27651> [Accessed: 07- May- 2021]
- [10] K. Soylyu and J. C. Dumville, "Design for environment: The greening of product and supply chain," vol. 13, no. 1, pp. 29–43, 2011, doi: <http://dx.doi.org/10.1057/mel.2010.19>. [Online]. Available: <https://www.proquest.com/scholarly-journals/design-environment-greening-product-supply-chain/docview/852880942/se-2?accountid=27651>
- [11] "¿Qué es el diseño de servicios?", Ceupe.com, 2016. [Online]. Available: <https://www.ceupe.com/blog/que-es-el-diseno-de-servicios.html> [Accessed: 10- Jun- 2021].
- [12] A. Taylor, "Design for Maintainability: Principles, Modularity and Rules", Design1st.com, 2014. [Online]. Available: [https://www.design1st.com/Design-Resource-Library/design\\_tips/Design\\_for\\_Maintainability.pdf](https://www.design1st.com/Design-Resource-Library/design_tips/Design_for_Maintainability.pdf). [Accessed: 28- Jun- 2021].
- [13] "Polietileno de alta densidad", Tecnologiadelosplasticos.blogspot.com, 2021. [Online]. Available: <https://tecnologiadelosplasticos.blogspot.com/2011/06/polietileno-de-alta-densidad.html> [Accessed: 28- Jun- 2021].
- [14] P. Aceromafe, "Plásticos de ingeniería: descripción y usos | Aceromafe", Aceromafe, 2021. [Online]. Available: <https://www.aceromafe.com/plasticos-de-ingenieria-descripcion-y-usos/> [Accessed: 28- Jun- 2021].
- [15] "Conteras de caucho: todo lo que debes saber de tus muletas", Ayudatecna.com, 2019. [Online]. Available: <https://www.ayudatecna.com/blog/conteras-de-caucho-todo-lo-que-debes-saber-de-tus-muletas> [Accessed: 28- Jun- 2021].
- [16] COATRESA, Coatresa.com, 2018. [Online]. Available: <https://www.coatresa.com/recubrimiento-de-silicona/> [Accessed: 10- Jun- 2021].
- [17] "¿Qué es el moldeo por inyección? | Moldeo por inyección | Introducción al Maquinado | KEYENCE México", Keyence.com.mx, 2017. [Online]. Available: <https://www.keyence.com.mx/ss/products/measure-sys/machining/injection-molding/about.jsp> [Accessed: 10- Jun- 2021].
- [18] V. perfil, "Moldeo por inyección asistida con gas (GAIM)", Tecnologiadelosplasticos.blogspot.com, 2021. [Online]. Available: <https://tecnologiadelosplasticos.blogspot.com/2012/05/moldeo-por-inyeccion-asistida-con-gas.html> [Accessed: 10- Jun- 2021].

- [19] "Moldeo por compresión", [Tecnologiadelosplasticos.blogspot.com](https://tecnologiadelosplasticos.blogspot.com), 2021. [Online]. Available: <https://tecnologiadelosplasticos.blogspot.com/2011/10/moldeo-por-compresion.html> [Accessed: 10- Jun- 2021].